







Le calculateur de la quantité et de la composition des effluents porcs, bovins et volailles

Notice d'emploi et guide méthodologique

Elise Lorinquer, Paul Ponchant et Pascal Levasseur

Février 2014

PLAN :

Notice d'emploi

Guide méthodologique

MODE D'EMPLOI SIMPLIFIEE

I – Généralités

L'objectif est de déterminer les quantités et la composition chimique des déjections produites par les bovins, les porcs et les volailles. Les quantités d'effluent sont exprimées en t/an pour les solides (fumier, compost) et en m^3/an pour les liquides (lisier). La période annuelle est prise par défaut mais il est possible de faire des simulations sur des périodes plus ou moins longues. Les éléments de composition chimiques sont *à minima* la matière sèche, la matière organique, le carbone, l'azote total, l'azote ammoniacal, le phosphore (exprimé en équivalent P_2O_5) et le potassium (exprimé en équivalent K_2O). Les teneurs en cuivre et en zinc ne sont déterminés que pour les effluents porcins et avicoles. Les résultats du calculateur affichent leur quantité produite (t/an ou kg/an selon les éléments) et leur concentration (en % du produit brut ou en g/kg de produit brut ou en mg/kg de matière sèche selon les éléments).

L'outil de calcul a été réalisé sous excel, version 2007.

2- Feuille de présentation générale

La première page de calcul permet de choisir :

- les catégories d'animaux (filière animale, stade physiologique…) au sein de listes prédéterminées (déroulantes ou non)
- les effectifs d'animaux présents ou produits
- l'ouvrage de stockage/type de produit obtenu (porc, volaille) ou le mode de logement (bovin)
- la quantité de litière (paille/sciure) apportée (porc, bovin, pour les volailles cette information est demandée ultérieurement)

En outre, trois autres informations sont demandées (avec entre parenthèses, la filière animale concernée):

- le lieu géographique compte tenu de son impact en termes de dilution des lisiers notamment (porc, bovin)
- la période d'épandage (porc uniquement)
- la couverture de stockage des lisiers (porc, bovin)
- la couverture de la fumière (bovin uniquement)

3- Spécificités partie « Porc »

Remarque générale : certaines cellules comportent un commentaire d'aide à la saisie ou à l'interprétation. Il est recommandé de s'y reporter lors des premières utilisations du calculateur.

3.1. Onglet « Feuille de saisie commune »

Pour les porcins, il est possible de renseigner les catégories d'animaux de manière très simplifiée avec seulement trois stades physiologiques :

- les truies présentes auxquelles sont rattachées les quelques verrats présents sur le site d'exploitation
- les porcs charcutiers standards (30 – 112 kg)
- les porcelets du post-sevrage (8-30 kg)

Cette saisie simplifiée ne s'applique toutefois que dans des situations précises :

- Pour des élevages :
    - naisseur-engraisseurs de la totalité des porcs charcutiers (mettre un stade physiologique sur chacune des lignes y compris les porcelets destinés aux salles d'engraissement du même site)
    - engraisseurs

- post sevreur-engraisseurs

- Pour des effectifs présents dans l'exploitation stables et des poids d'abattage peu différents de la moyenne GTE de 2001 (ayant servi de référence pour les références CORPEN de 2003)

Les modèles d'élevage ayant des spécificités (vente intermédiaire d'animaux, production de porcs lourds,…) devront renseigner l'onglet « effectif détaillé ».

Que ce soit dans cette première feuille de saisie, où dans l'onglet « effectif détaillé », il s'agit du nombre de truies présentes en moyenne à l'année (leur durée de vie étant normalement supérieure à 1 an). Pour les porcs charcutiers et les porcelets en post-sevrage, c'est le nombre produit annuellement. Il faut être vigilant à ne pas confondre « animaux produits » et « place ». Pour mémoire, un peu plus de 3 porcs charcutiers se succèdent annuellement sur une même place (6 à 6,5 pour les porcelets).

A chaque catégorie d'animale identifiée doit correspondre un ouvrage de stockage (fosse, fumière) et une catégorie d'effluent (lisier, fumier, compost) proposé dans un menu déroulant unique. Pour un élevage naisseur-engraisseur, les différents stades physiologiques peuvent obtenir des effluents spécifiques stockés dans des ouvrages de stockage distincts (ex truie sur litière accumulée et les PS/ENG sur caillebotis). Par contre, s'il existe plusieurs modes de production d'effluent au sein d'un même stade physiologique, il faut faire des simulations séparées.

Si les porcs sont élevés sur litière et si l'option « Bilan Réel Simplifié » est retenu dans l'onglet « Aliment », il faut alors renseigner la quantité de litière utilisée. La distinction entre paille et sciure est automatiquement prise en compte. En mode simplifié (alimentation « standard » ou « biphase »), l'apport de litière est déjà comptabilisé dans les rejets (les cellules mentionnant les quantités de litière deviennent inopérantes, il n'y a pas de risque de double comptabilité).

La localisation géographique permet de prendre en compte le différentiel pluviométrique et donc le taux de dilution des lisiers pour des fosses non couvertes ou au contraire l'épargne de pluie suite à la mise en place d'une couverture.

La période d'épandage permet de tenir compte du différentiel de dilution entre des épandages sortie d'hiver et fin d'été. L'option « moyenne annuelle » est également proposée. Le différentiel de température intervient également sur la volatilisation de l'azote des lisiers et fumiers.

La couverture de la fosse de stockage extérieure réduit le taux de dilution des lisiers mais aussi la volatilisation de l'azote. La couverture des fumières n'a pas été prise en compte pour la filière porc car son impact sur les masses/compositions de fumiers/composts n'apparait pas clairement dans la bibliographie.

3.2. Onglets « Effectif détaillé »

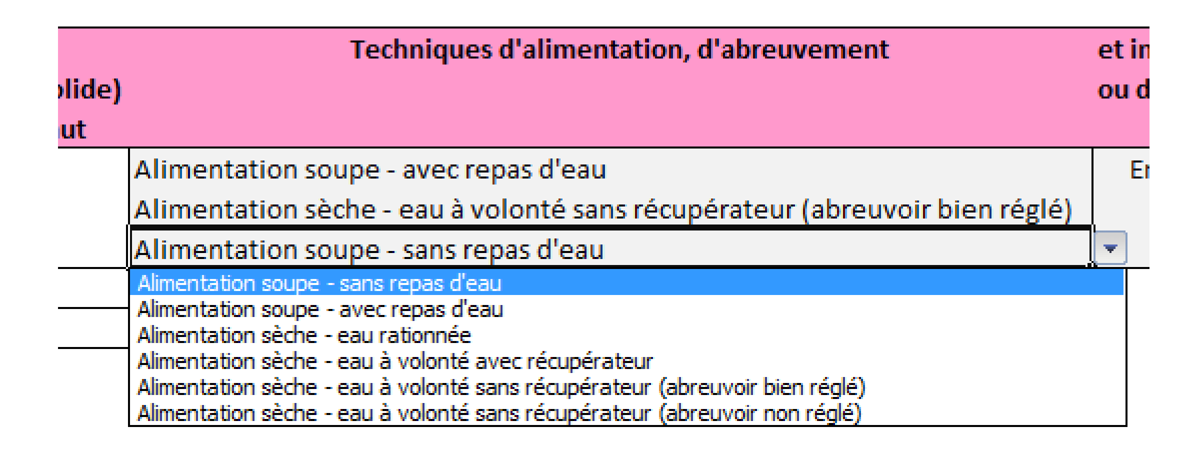
Pour d'avantage de précision dans les flux d'animaux (variation d'effectif présent entre le début et la fin de bilan, production de porcs lourds, vente intermédiaire d'animaux, prise en compte des pertes d'animaux…), il sera nécessaire de remplir l'onglet « effectif détaillé ». La saisie dans cet onglet doit alors se faire pour l'ensemble du troupeau (une saisie mixte simplifiée/détaillée n'est pas possible) et il faut supprimer tous les effectifs de la page de présentation commune (pas de zéro, la cellule doit être vide) car les effectifs simplifiés demeurent prioritaires sur les effectifs détaillés.

Ce tableau a été repris du modèle de calcul du Bilan Réel Simplifié (Corpen 2003).

3.3. Onglets « Quantités effluents »

Les catégories d'animaux et l'ouvrage de stockage/type de déjection sont rappelés à la gauche du tableau. Si l'utilisateur connait la quantité de lisier ou de fumier/compost, il l'inscrit en ne mettant qu'une seule valeur par ouvrage de stockage. Elle est prioritaire par rapport à la somme des valeurs proposées par défaut par le calculateur et se rapportant à cet ouvrage de stockage. Si l'utilisateur privilégie les valeurs par défaut, il faut alors préciser les critères de deux listes déroulantes

successives. Pour les lisiers, il s'agit de la technique d'alimentation, d'abreuvement et de la qualité de lavage menée sur l'exploitation. Ces critères interviennent sur le taux de dilution des lisiers produits.

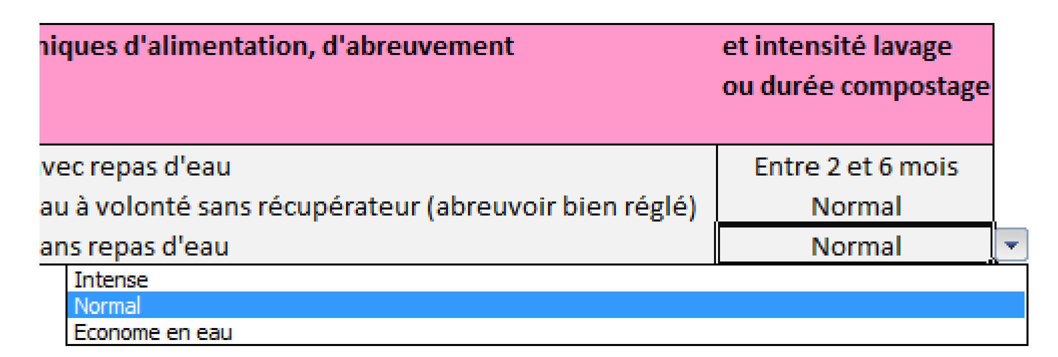


Pour un élevage de porc moyen, nous recommandons de sélectionner :

- « Alimentation soupe – avec repas d'eau » pour les truies (dans tous les cas, il s'agit des truies gestantes et non des truies en maternité),
- « Alimentation sèche – eau à volonté sans récupérateur (abreuvoir bien réglé) » pour les porcelets,
- Et « Alimentation soupe – sans repas d'eau » pour les porcs charcutiers.

IMPORTANT : à chaque nouvelle simulation, il est nécessaire de re-solliciter les menus déroulants, car ils différent selon le mode de logement et qu'il y ait compostage ou non.

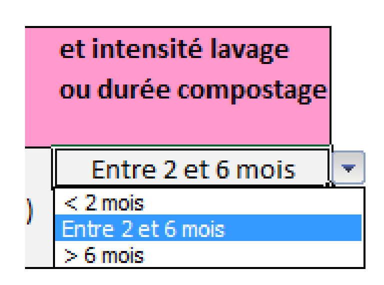
Pour le lavage, l'utilisateur doit sélectionner « Normal », s'il n'a pas d'information. Si l'éleveur nettoie ses préfosses ou s'il a beaucoup de parois, choisir l'option « Intense ». S'il dispose de grandes cases (donc peu de parois), choisir l'option « Econome en eau ».



Pour les fumiers et composts, il s'agit de la technique d'alimentation (porc charcutier) ou du mode de logement (truie) qui vont impacter la quantité d'effluent obtenue et la durée de compostage (si compostage) qui va impacter le taux de volatilisation de l'azote (et donc sa teneur résiduelle).

'effluent ou t/an (solide) par défaut	Techniques d'alimentation, d'abreuvement	et i ou
211	Réfectoire + courette (truie) ou alim. humide (porc charcutier)	
395	DAC (truie) ou alim. sèche (porc charcutier)	
2003	Réfectoire + courette (truie) ou alim. humide (porc charcutier)	
	Autres cas	

739	en mm/an



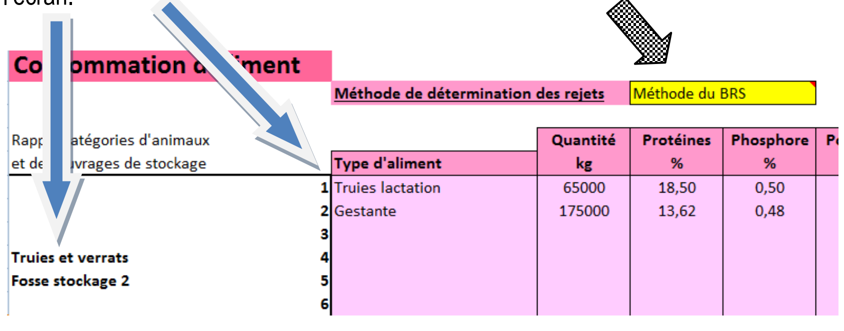
Comme il s'agit de menu déroulants distincts entre effluents solides/liquides, il est nécessaire de les re-solliciter pour toutes nouvelles simulations.

3.3. Onglets « Aliments »

La quantité et la composition des aliments utilisés impactent notablement la composition des effluents. Pour une utilisation simplifiée du calculateur, l'utilisateur peut choisir l'option « Alimentation standard » ou « Alimentation biphase ». Les rejets en azote, phosphore et potassium seront alors basés sur des compositions et des quantités d'aliment forfaitaire par stade physiologique (base Gestion Technico-Economique des élevages porcins suivis en 2001). Un seul aliment distribué par stade physiologique dans le premier cas, 2 aliments dans le second cas. A noter que les élevages de porcs pratiquent très majoritairement l'alimentation biphase, particulièrement dans le Grand Ouest. Sur la base de ces options, les concentrations des effluents en Cu et Zn, seront par contre basées sur des valeurs de composition moyenne d'effluents porcins. Pour le carbone, il est fait un bilan des pertes (selon méthode IPCC 2006) à partir de quantités forfaitaires d'aliments distribués aux porcs. La MS est déduite de la MO (voir relation dans le guide méthodologique), elle-même étant déduite du carbone.

Il est à noter qu'il n'existe pas de références CORPEN de rejet pour les truies sur litière de sciure accumulées d'où l'absence de résultats pour une telle demande.

L'option « Méthode du BRS » (pour Bilan Réel Simplifié) permet de prendre en compte les quantités réelles d'aliments ingérés ainsi que leur teneur. Outre l'azote, le phosphore et le potassium, il est alors possible de préciser les rejets, et donc la composition des effluents, en cuivre et zinc. Dans ce cas, il faut répertorier les quantités d'aliments (et leur teneur) distribués aux porcs, et bien vérifier le stade physiologique/l'ouvrage de stockage correspondant et rappelé sur la gauche de l'écran.



Si l'option BRS est retenue pour déterminer le niveau des rejets de porcs élevés sur litière, il ne faut pas oublier de renseigner la quantité totale de litière utilisée (en t/an) sur la feuille de présentation générale.

Il n'est pas prévu de variation de stock d'aliment dans ce calculateur. Si elles sont jugées significatives, il faut les intégrer directement au niveau des consommations d'aliment.

4- Spécificités partie « Bovins »

4.1. Onglet « Feuille de saisie commune »

Pour les bovins, 8 catégories d'animaux sont proposées, elles concernent à la fois les ateliers allaitants, laitiers et d'engraissement. Voici les différentes catégories :

- « vache laitière » : il s'agit des vaches laitières présentent sur l'exploitation, qu'elles soient taries ou en production
- « vache allaitante » : ce sont les vaches allaitantes avec leur veau
- « Génisse (6 mois-1an) » : ce sont les génisses âgées de 6 mois à 1 an présentes sur l'exploitation pour le renouvellement du troupeau
- « Génisse (1 - 2 ans) » : ce sont les génisses âgées de 1 - 2 ans présentes sur l'exploitation pour le renouvellement du troupeau
- « Génisse (> 2 ans) » : ce sont les génisses âgées de plus de 2 ans présentes sur l'exploitation pour le renouvellement du troupeau
- « Bovin à l'engrais (0 - 1 an) » : ce sont les animaux âgés de 0 à 1 an présents sur les exploitations et destinés à l'engraissement
- « Bovin à l'engrais (1 - 2 ans) » : ce sont les animaux âgés de 1 à 2 ans présents sur les exploitations et destinés à l'engraissement
- « Bovin à l'engrais (> 2 ans) » : ce sont les animaux âgés de plus de 2 ans présents sur les exploitations et destinés à l'engraissement

En face de chacune des catégories animales, il est demandé de renseigner l'effectif, il s'agit là d'un effectif moyen annuel, il faut rapporter les effectifs animaux au temps passé sur l'exploitation.

	Effectif moyen	Poids moyen
Vaches allaitantes	Effectif moyen pondéré On considère que les réformes appartiennent à cette catégorie, donc on ne refait pas de calcul spécifique pour les réformes (ingestion et rejets).	Le PV après vêlage pour les VA correspond au PV au milieu de la séquence d'engraissement des vaches de réformes (CORPEN, 2001).
Vaches laitières	Effectif moyen pondéré (y compris les vaches de réforme)	Poids vif
Génisses 6 mois- 1 an	Pour les allaitantes, de 0 à 8/9 mois (âge au sevrage), les animaux sont comptés avec leur mère. Pour ne pas compter deux fois ces animaux, il faut prendre 3/12 (ou 4/12) de l'effectif génisse <1 an et/ou de l'effectif bovins à l'engrais <1 an. Pour les laitières, prendre 9/12 de l'effectif génisses <1 an (de 0 à 3 mois déjà compté avec VL)	Poids au sevrage
Génisses 1-2 ans	Effectif moyen à 18 mois	Poids moyen à 18 mois
Génisses <2 ans	Effectifs moyen à 30 mois	Poids moyen à 30 mois
Bovins à l'engrais 0-1 an	Effectif moyen à 18 mois	Poids moyen à 18 mois

Bovins à l'engrais 1-2 an s	Effectifs moyen à 30 mois	Poids moyen à 30 mois
Bovins à l'engrais <2ans	Effectif moyen à 13 mois pour ceux abattus entre 16 et 18 mois Effectif moyen à 15 mois pour ceux abattus entre 20 et 22 mois.	Poids moyen à 13 mois pour ceux abattus entre 16 et 18 mois Poids moyen à 15 mois pour ceux abattus entre 20 et 22 mois.

*Par exemple, si sur mon exploitation j'ai 5 génisses vendues prêtes à vêler à 30 mois, il faudra considérer pour la catégorie « Génisse (> 2 ans) » un effectif de 5 * 6 mois de présence sur l'exploitation / 12 mois de l'année, soit un effectif moyen annuel de 2.5 génisses.*

Face à chaque catégorie animale renseignée, il faut compléter le type de logement de celles-ci. Il y a 9 types de logement proposés, le type de logement a une influence sur la proportion de fumier, lisier et purin produit ou non par catégorie animale et donc sur la quantité totale produite par catégorie.
Autre élément à renseigner par catégorie animale et donc par bâtiment : les quantités de litière (en kilogramme) apportées par jour et par animal.

En complément de ces premières informations, il est demandé de renseigner la ville la plus proche de l'exploitation en question, ceci permet d'évaluer la pluviométrie de la région et ainsi de prendre en compte un effet de dilution plus ou moins important des lisiers. De la même manière, la présence ou non d'une couverture sur les ouvrages de stockage (fosse ou fumière) permet de prendre en compte la pluviométrie évitée.

4.2. Onglet « Saisie 2_bovins »

Dans cet onglet, il s'agit de préciser les pratiques d'alimentation sur l'élevage en question et préciser le temps de présence des animaux en bâtiment, ceci afin d'affiner les quantités de déjections excrétées au bâtiment et donc à gérer par la suite mais aussi les quantités d'éléments rejetées par les animaux à partir du type de rationnement.

4.2.1. Les vaches laitières

Afin de déterminer les quantités d'éléments (N, P, K) fixés dans le lait, il est nécessaire de connaître assez précisément la production moyenne annuelle de lait (en kg) par vache, ainsi que la qualité moyenne sur l'élevage du lait produit (le taux protéique (TP) moyen et le taux butyrique (TB) moyen) et enfin le poids vif moyen des vaches laitières.

Le tableau suivant reprend les éléments qui concernent l'alimentation des vaches laitières et le temps passé par les animaux en bâtiment.
Le temps passé en bâtiment permet de prendre en compte la part de déjections émise au pâturage, il est exprimé en nombre d'heure de présence par jour au bâtiment et ce pour chaque mois considéré. La traite des animaux est à considérer dans le temps de présence au bâtiment.
Par exemple, si les animaux sont au mois de mai 100% du temps au pâturage et qu'une traite dure en moyenne 2h, on considérera que les animaux sont 4h par jour en bâtiment en moyenne sur le mois de mai.
Trois catégories de fourrages, majoritairement utilisées pour l'alimentation des vaches laitières, sont fixées dans l'outil ainsi que deux types de concentrés.
Pour les fourrages, il s'agit de l'herbe pâturée, l'herbe conservée (comprend à la fois le foin, l'enrubannage et l'ensilage d'herbe) et l'ensilage de maïs. Pour le maïs, il s'agit des concentrés azotés et énergétiques. Pour chacun des fourrages de la ration, il est nécessaire de renseigner pour chaque mois la quantité en kilogramme de matière sèche ingérée par les animaux, il en est de même pour les concentrés.

Ces éléments aideront par la suite à la pondération du calcul des quantités de déjections produites ainsi qu'à la quantification des éléments présents dans les déjections.

4.2.1. Autres catégories bovines

Pour les autres catégories et afin de simplifier la saisie des données pour l'alimentation, il est demandé de choisir le principal fourrage distribué aux animaux au cours de chaque mois de l'année. Il s'agit d'une liste déroulante reprenant 4 types de fourrages : l'ensilage de maïs, l'ensilage d'herbe/enrubannage, le foin et l'herbe pâturée.
En complément, il est demandé de préciser le nombre de jours moyens de présence en bâtiment par mois des animaux, afin de déterminer la part de déjections émises au pâturage et celles émises en bâtiment. Pour ces catégories animales, on considère que lorsque les animaux sont dehors, ils le sont 100% du temps (contrairement aux vaches laitières où l(on considère le temps de traite).
Le poids vif moyen est également demandé pour chacune des catégories animales.

4.2.2. Les aires de stockage

Des éléments complémentaires sont demandés afin de quantifier au mieux les quantités d'eau de dilution à prendre en compte. Pour se faire, il est nécessaire d'avoir les surfaces (aires de vies découverte, fosses, fumières) couvertes et non couvertes ainsi que la pluviométrie moyenne (récupérer dans l'onglet commun à partir de la ville la plus proche de l'exploitation), ceci permet de déterminer les volumes d'eau de pluie diluant les différents types d'effluents animaux produits.

4.2.3. Les eaux vertes et blanches

Les quantités d'eaux blanches et d'eaux vertes produites sont calculées de façon automatique à partir de références présentes dans la « circulaire 2001 relative à la capacité de stockage des effluents d'élevage et à l'application de la réglementation des installations classées relatives aux élevages ». Elles tiennent compte du nombre de vaches laitières présentes sur l'exploitation.

5- Spécificités partie « Volailles »

1. Onglet « Feuille de saisie commune »

En production avicole, le type de déjections au sein d'une même espèce animale est relativement standardisé (Matière sèche, quantité totale produite,…). Cependant, des différences de compositions apparaissent pour certains modes de productions (standard, label, biologique), principalement causées par le type de souche génétique, la durée d'élevage, les formules alimentaires mais également à certaines pratiques d'élevage (durée d'élevage, gestion des litières…).

En aviculture, deux types de déjections sont présentent :
- des déjections solides (fientes ou fumier en production de poules pondeuses, fumier en volaille de chair)
- des déjections liquides (lisier en production de canard à rôtir et en palmipède gras).

Ainsi, pour une approche simple mais précise, le calculateur prévoit de saisir
- les différentes espèces produites (poulet, dinde, pintade, canard et pondeuses),
- les modes de productions (standard, label, biologique)
- les effectifs annuels (renseignements de manière simplifiée).

Du fait de nombreuses pratiques de stockage des effluents dans ces productions, il est également possible de préciser dès ce premier onglet :
- le type d'ouvrage de stockage (fumière, stockage en bout de champ pour les fumiers, hangar de stockage pour les fientes, fosses à lisier)
- le type de litière utilisée (paille ou copeaux de bois)
- le traitement éventuel des effluents avicoles (compostage ou non)

2. Onglets « Descriptif élevage »

Il est nécessaire de remplir cet onglet pour obtenir davantage de précisions sur les caractéristiques de l'élevage et les effectifs (surface de bâtiment, nombre de lots pratiqués dans l'année, durée d'élevage, nombre d'animaux, poids finaux, …), mais également sur les pratiques de l'élevage (détassage en cours de bande, sexage,…) (cf. figure 1 ci-dessous)
Ce descriptif de l'élevage permet d'avoir une analyse précise lors de la réalisation du bilan de masse qui sert de base à l'estimation de l'excrétion des volailles.

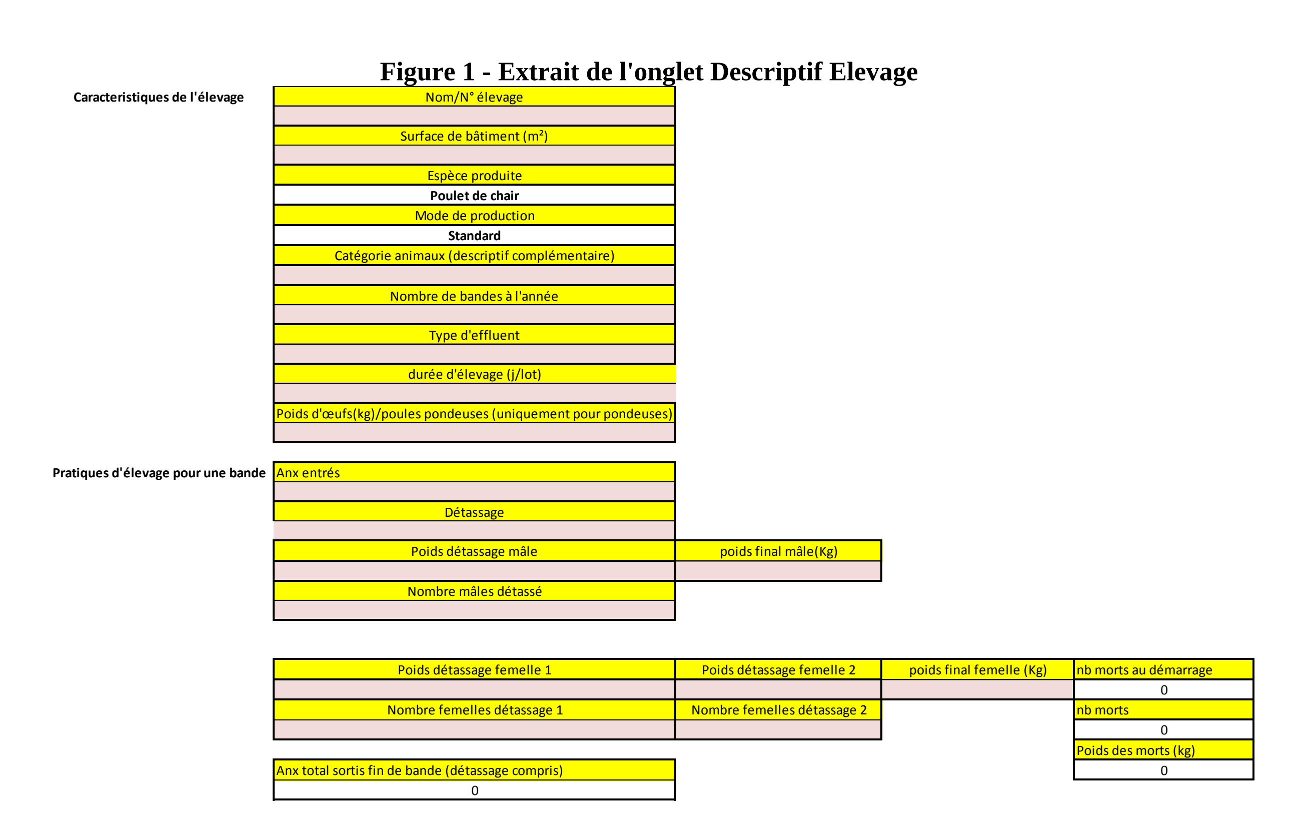


Figure 1 - Extrait de l'onglet Descriptif Elevage

Caracteristiques de l'élevage	
	Nom/N° élevage
	Surface de bâtiment (m²)
	Espèce produite
	Poulet de chair
	Mode de production
	Standard
	Catégorie animaux (descriptif complémentaire)
	Nombre de bandes à l'année
	Type d'effluent
	durée d'élevage (j/lot)
	Poids d'œufs(kg)/poules pondeuses (uniquement pour pondeuses)

Pratiques d'élevage pour une bande		
	Anx entrés	
	Détassage	
	Poids détassage mâle	poids final mâle(Kg)
	Nombre mâles détassé	

Poids détassage femelle 1	Poids détassage femelle 2	poids final femelle (Kg)	nb morts au démarrage
			0
Nombre femelles détassage 1	Nombre femelles détassage 2		nb morts
			0
Anx total sortis fin de bande (détassage compris)			Poids des morts (kg)
0			0

Au sein de cet onglet, d'autres éléments relatifs à la qualité et la quantité de la litière utilisée en élevage sont demandés.

Il est également possible de renseigner directement la quantité de déjections produite par an, si celle-ci est connue (par pesée si possible). Si cette quantité n'est pas connue précisément, il est possible de laisser cette cellule vide. Le calculateur procède à l'estimation de cette quantité à partir d'un bilan P2O5 (bilan de masse sur le phosphore) et des références disponibles (ITAVI(b)).

Figure 2 - Extrait n°2 de l'onglet Descriptif Elevage

Caractéristiques de l'effluent

Effluent Composté

QUANTITE LITIERE APPORTEE	Quantité départ (kg/lot)	Quantité rajouts	Quantité fin de lot
paille			0
copeaux			0
Total	0	0	0

Quantité effluent produit par an si connue, en T/an

3. Onglets « Alimentation »

Dans cet onglet, la composition de l'aliment (%MS, N, P, K) par phases (démarrage, croissance, finition, abattage,…) est demandée, ainsi que les quantités d'ingérés et d'eau consommée pour l'abreuvement

.

Figure 3 - Extrait de l'onglet Alimentation

Caractéristiques Aliment

Phase	de j à j	Type aliment (Farine, miette, granulés)	MS (%)	MAT (%)	P total (%)	K (%)
0	0					
0	0					
0	0					
0	0					
0	0					

Aliments Consommés par lot

Phase	Qte tot (Kg)	H2O	C	N	P	K
0		0	0	0	0	0
0		0	0	0	0	0
0		0	0	0	0	0
0		0	0	0	0	0
0		0	0	0	0	0
0		0	0	0	0	0
TOTAL	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**

Eau Consommée par lot

Phase	Qte tot (L)	RATIO EAU/ALIMENT
0		#DIV/0!
0		#DIV/0!
0		#DIV/0!
0		-
0		-
0		-
TOTAL	**0**	**#DIV/0!**

4. Onglets « Calcul excrétion »

Dans cet onglet, aucune cellule n'est à remplir. La somme des intrants et des sortants est indiquée et permet le calcul de l'excrétion sur les éléments suivants : MS, C, N, P, K

Figure 4 - Extrait de l'onglet Calculs

Intrants alimentation+Eau bue

MS (kg)	H2O (kg)	C (kg)	N (kg)	P (kg)	K (kg)
#DIV/0!	0	0	0	0	0

Sortant carcasse

MS (kg)	H2O (kg)	C (kg)	N (kg)	P (kg)	K (kg)
0	0	0	0	0	0

Intrant litière

MS (kg)	H2O (kg)	C (kg)	N (kg)	P (kg)	K (kg)
0	0	0	0	0	0

Sortant Œufs

MS (kg)	H2O (kg)	C (kg)	N (kg)	P (kg)	K (kg)
0	0	0	0	0	0

Intrant carcasse

MS (kg)	H2O (kg)	C (kg)	N (kg)	P (kg)	K (kg)
0	0	0	0	0	0

TOTAL INTRANTS

MS (kg)	H2O (kg)	C (kg)	N (kg)	P (kg)	K (kg)
#DIV/0!	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**

TOTAL SORTANT

MS (kg)	H2O (kg)	C (kg)	N (kg)	P (kg)	K (kg)
0	0	0	0	0	0

QUANTITE EFFLUENT ESTIME (T/an)

0

EXCRETION DU LOT

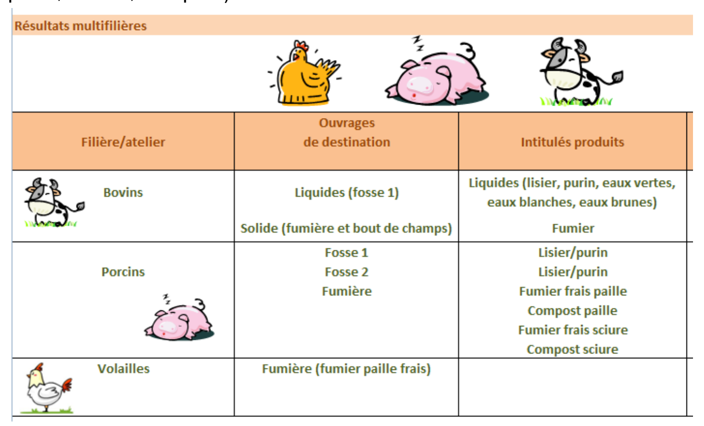
MS (kg)	H2O (kg)	C (kg)	N (kg)	P (kg)	K (kg)
#DIV/0!	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**

Ensuite, à partir des niveaux de volatilisation disponibles dans la bibliographie (pertes en bâtiment et perte au stockage) (Source : ITAVI(a), Lebouquin et al 2013, Ponchant et al 2012, Ponchant et al 2013) et mesurés sur le terrain, la composition d'un effluent composté ou non est calculée à la sortie du bâtiment et en fin de stockage.

6- Résultats

Les résultats viennent s'afficher dans l'onglet « Résultats communs ». **<u>Il s'agit de valeurs indicatives, en aucun cas ils n'engagent la responsabilité des auteurs.</u>**

Pour chaque filière animale, il est mentionné l'ouvrage de destination (fosses et fumières) et l'intitulé des produits (lisier, purin, fumier, compost).



Résultats multifilières

Filière/atelier	Ouvrages de destination	Intitulés produits
Bovins	Liquides (fosse 1) Solide (fumière et bout de champs)	Liquides (lisier, purin, eaux vertes, eaux blanches, eaux brunes) Fumier
Porcins	Fosse 1 Fosse 2 Fumière	Lisier/purin Lisier/purin Fumier frais paille Compost paille Fumier frais sciure Compost sciure
Volailles	Fumière (fumier paille frais)	

Pour chacun d'eux, sont mentionnées :

- les quantités de matière brutes produites annuellement et les unités (des m³/an pour les liquides et des t/an pour les solides)
- Les quantités d'éléments transitant annuellement dans l'ouvrage de stockage. Certaines valeurs peuvent toutefois être absentes par manque de références (exemple : teneur en cuivre et zinc pour les effluents « bovin »). Les quantités sont exprimées en t/an pour la matière sèche (MS), la matière organique (matière organique) et le carbone (C) ; en kg/an pour les autres éléments. Bien que la période de référence soit l'année, rien n'interdit de faire un bilan plus court (sur un lot d'animaux par exemple) ou sur une période plus longue. Il faut bien conserver la cohérence sur l'ensemble des critères saisis.

Quantité annuelle	Unités	Quantité d'éléments transitant annuellement dans l'ouvrage de stockage								
		MS	MO	C	NTK	N ammo	P_2O_5	K_2O	Cu	Zn
		t/an			kg/an					
2568	m3/an	125	88	44	5359	-	2129	7870	-	-
149	t/an	33	24	12	531	-	332	871	-	-
-	m3/an	-	-	-	-	-	-	-	-	-
371		51	35	17	4727	3036	3 222	3 339	28	48
-	t/an	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-		-	-	-	-	-	-	-	-	-
-		-	-	-	-	-	-	-	-	-
-		-	-	-	-	-	-	-	-	-

- La concentration en « % du produit brut », en « g/kg produit brut » et « mg/kg MS » selon l'élément considéré. A noter qu'il s'agit de « la période considérée ». Pour les effluents porcins, l'option « période d'épandage prévue » dans l'onglet « Saisie commune » permet d'avoir une concentration moyenne à l'année ou de distinguer un épandage « sortie d'hiver » ou « fin d'été ».

Concentration des effluents sur la période considérée								
MS	MO	C	NTK	N ammo	P_2O_5	K_2O	Cu	Zn
% du brut			g/kg produit brut				mg/kg MS	
4,9	3,4	1,7	2,1	0,0	0,8	3,1	-	-
22,1	16,2	8,1	3,6	0,0	2,2	5,8	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
9,4	6,4	3,2	8,7	5,6	5,9	6,1	541	925
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-

GUIDE METHODOLOGIQUE

L'objectif de ce guide est de rapporter les principales références et équations retenues dans le calculateur

Partie « porc »

1. Quantité de lisier, fumier et compost produit et facteurs de variation

1.1. Lisier

Sur la base des chiffres de Levasseur (2013), les volumes de production retenus par catégorie d'animal sont les suivants :
. 6,2 m^3/truie/an
. 480 l/porc charcutier produit
. 90 l/porcelet produit

Ces valeurs moyennes, sont corrigées par le type d'alimentation et d'abreuvement, l'intensité de lavage, la pluviométrie, la présence (ou non) d'une couverture sur la fosse de stockage extérieure et la période d'épandage.

Coefficients correcteurs des volumes de lisier produit

Par le type d'alimentation et d'abreuvement (Massabie, comm. personnelle)

	Truie (*)	Porcelet	Porc charcutier
Alimentation soupe - sans repas d'eau	0,975	0,975	0,95
Alimentation soupe - avec repas d'eau	1,025	1	1,05
Alimentation sèche - eau rationnée	0,975	0,975	1
Alimentation sèche - eau à volonté avec récupérateur	1	0,975	1
Alimentation sèche - eau à volonté sans récupérateur (abreuvoir bien réglé)	1,025	1	1,025
Alimentation sèche - eau à volonté sans récupérateur (abreuvoir non réglé)	1,2	1,1	1,2

(*) gestantes

Par l'intensité de lavage des salles (massabie, comm. personnelle)

Intense	1,05
Normale	1
Econome	0,95

Par la pluviométrie, la couverture de la fosse de stockage et la période d'épandage
Un facteur correctif est apporté selon la pluviométrie de la zone géographique. L'effet de dilution dépend de la hauteur de lisier stocké. Nous avons retenu arbitrairement 0,25 m d'eau (une partie de l'eau s'évapore) pour 3 m de hauteur de lisier, soit 8,3 % (0,25/3). Ainsi les écarts de précipitation (d'une ville donnée) par rapport à la moyenne des 26 villes retenues (755 mm), impacteront uniquement sur cette fraction de 8,3 % de la valeur de production de lisier de référence. La présence d'une couverture sur la fosse de stockage supprime cette dilution, soit 8,3 % de lisier en moins quelque soit la situation géographique. Sur la base d'une dizaine de villes testées sur toute la métropole française (site Infoclimat.fr V 5.2.2. consultée le 11 juillet 2013), nous avons retenu une répartition pluviométrique de 55,5 % en période hivernale (octobre à mars) et 45,5 % en période estivale quelque soit la zone géographique. Ce critère peut sans doute être précisé car les répartitions extrêmes (sur ce site) étaient de 65 % de pluie « hivernale » pour Brest contre 38 % pour Strasbourg.

Précipitations moyennes (en mm/an) retenues pour 26 villes françaises :

Abbeville	762
Agen	748
Angers	618
Bordeaux	984
Bourges	732
Brest	1109
Caen	711
Clermont-Ferrand	591
Dijon	744
Grenoble	965
Le Mans	678
Lille	723
Limoges	1023
Lyon	843
Montpellier	654
Nancy	765
Nantes	788
Nice	803
Orléans	636
Paris	650
Poitiers	687
Rennes	649
St Brieuc	739
St Malo	728
Strasbourg	611
Tours	694
Moyenne	**755**

1.2. Fumier

. Pour les fumiers à base de paille

Quantité de fumier à base de paille et % de MS en engraissement selon le type d'alimentation

	Qté fumier (kg)	% MS	Observations
Sec	205 +/- 37	33,5 +/- 5	N=10
Humide	280 +/- 41	27,2 +/- 3	N=5

Pour les porcelets en post-sevrage, la production de fumier serait de 36 kg +/- 8 (n=5) par porcelet produit (Levasseur, 2005), valeur confirmée par Dubois et al (2005). Une quantité moindre de 28 kg est toutefois mentionnée par Paboeuf (2012).

Pour les truies, les travaux de Paboeuf (2012) ont montré une production de fumier de :

- 635 kg/gestante/bande avec un système DAC (soit 1331 kg/truie présente/an*) pour 190 kg de paille
- 1048 kg/gestante/bande avec un système « réfectoire + courette » (soit 2196 kg/truie présente/an*) pour 282 kg de paille

(*) avec un ratio de 85,6 % place truie gestante/truie présente et 2,45 cycles truies/an

Lorsque l'option fumier ou compost est retenu pour les truies (que ce soit paille ou sciure), nous n'avons fait le calcul que pour les truies gestantes. Les truies en maternité sont généralement élevées sur caillebotis, la quantité et la composition du lisier n'est pas prise en compte.

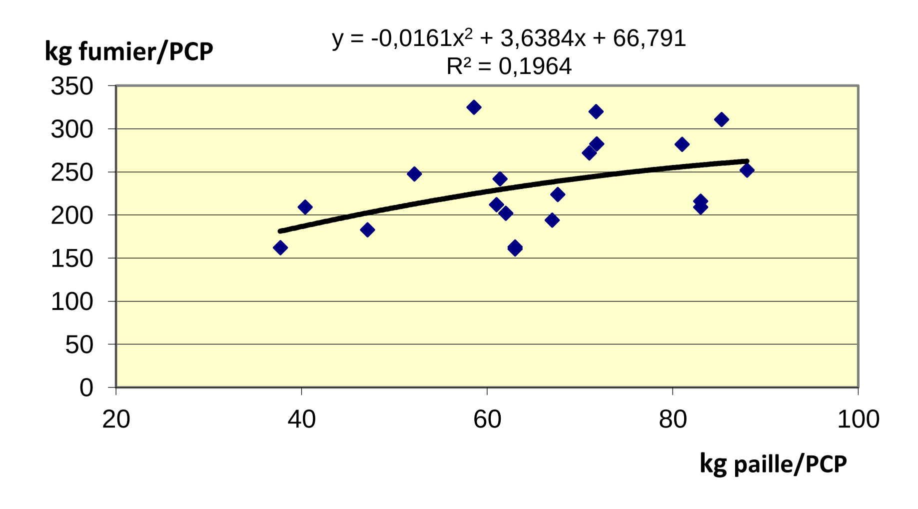
La Thèse de Paboeuf (2012) mentionne par ailleurs 275,9 kg fumier/truie/bande en quarantaine et 227,3 kg/truie/bande pour le pré-troupeau. Ces données ne sont pas intégrées dans le calculateur.

. Pour les fumiers à base de sciure

Quantité de fumier à base de sciure et % de MS en engraissement selon le type d'alimentation

	Qté fumier (kg)	% MS	Observations
Sec	155 +/- 28	35,9 +/- 5	N=11
Humide	233	32,2	N=2

Bien que le porc charcutier peut recevoir 40 à plus de 100 kg de paille par animal produit, ce niveau de paillage ne semble pas un critère pertinent pour estimer la quantité de fumier produite. Le graphique ci-dessous montre sur 19 essais que la production de fumiers des porcs charcutiers est peu corrélée (R^2 =0,2) à la quantité de paille reçu (PCP = Porc Charcutier Produit).



Pour les porcelets, il a été retenu 22,8 kg/porcelet produit selon Paboeuf (2012).

Pour les truies sur sciure, nous n'avons pas trouvé de références. Chez les porcs charcutiers et les porcelets, la production de fumier à base de sciure est en moyenne inférieure de 28 % à celle à base de paille. Par analogie, nous retenons donc : 958 kg de fumier/truie présente/an (pour les truies gestantes en DAC) et 1581 kg de fumier/truie présente/an (pour les truies gestantes en « réfectoire + courette »). Cette référence de production par truie est, de fait, particulièrement fragile.

Lorsque les porcs sont élevés sur litière, des purins peuvent être produits en bâtiment et au stockage. Dans le calculateur, nous n'avons pas fait apparaitre les purins compte tenu du manque de références (tant pour les quantités produites que pour les quantités d'éléments fertilisants correspondants). Pour des ouvrages couverts, les quantités produites devraient être marginales. Ce n'est sans doute pas le cas pour des fumiers non couverts et soumis à de fortes précipitations.

Récapitulatif des quantités de fumier/de compost et de leur teneur en matière sèche par stade physiologique et mode de logement (truie)/d'alimentation (PC) (1)

Type d'effluent	Stade physiologique	Logement/alimentation	kg par animal présent ou produit et teneur en MS (%)
Fumier frais paille	Truie	Réfectoire + courette	2196 – 23
		DAC	1331 - 26,4
		Autres cas	1763,5 – 24,7
	Porc charcutier	Alimentation humide	280 – 27,2
		Alimentation sèche	205 – 33,5
		Autres cas	242,5 – 30,35
	Porcelet	Pas de spécificité	36 – 33,4
Fumier frais sciure	Truie	Réfectoire + courette	1581 – 36,3
		DAC	958 – 38,3
		Autres cas	1269.5 – 37,3
	Porc charcutier	Alimentation humide	233 – 32,2
		Alimentation sèche	155 – 35,9
		Autres cas	194 – 34,05
	Porcelet	Pas de spécificité	22,8 – 37,3

(1) Selon principalement Paboeuf (2012) et adaptation de Levasseur (2005)

1.3. Compost

Une perte de masse de 52 % pour les fumiers à base de paille et 25 % pour les fumiers à base de sciure est retenue selon Texier et Vaudelet (1997), Texier et al (2000 et 2001). Ces essais, menés sur des fumiers d'engraissement seront extrapolés à l'ensemble des stades physiologiques et quelque soit le mode de logement/type d'alimentation initial compte tenu de l'absence de références

2. Quantité et teneur en Matière sèche (MS), matière organique (MO) et carbone (C)

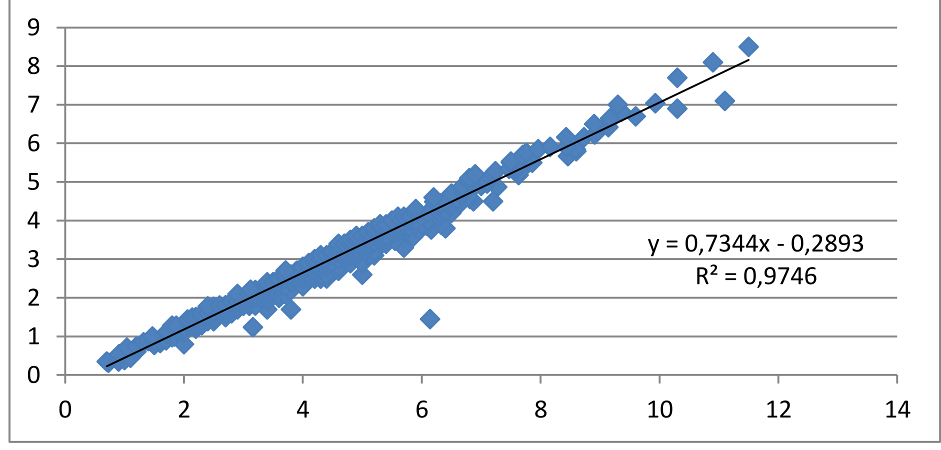
Dans toutes les situations, nous avons considéré que la teneur en C = MO/2

2.1 Lisier

Pour les lisiers, la MS est déduite de la quantité de MO résiduel dans le lisier.

MS = (MO+0,2893)/0,7344 dans la détermination ci-dessous

⇨ Où MO et MS sont des % du produit brut



N= 504 valeurs d'analyses de lisier (Levasseur, 2005)

Et selon IPCC (2006) :

. MO résiduelle lisier fin stockage (kg) = Quantité d'aliment (kg/an) x Teneur en $MO_{aliment}$ x (1 – Digestibilité $MO_{aliment}$) x (1-taux dégradation MO dans le bâtiment et la fosse de stockage extérieur)

= Quantité d'aliment (kg/an) x 0,82 x (1 – 0,84) x (1 – 0,32)

2.2. Fumier

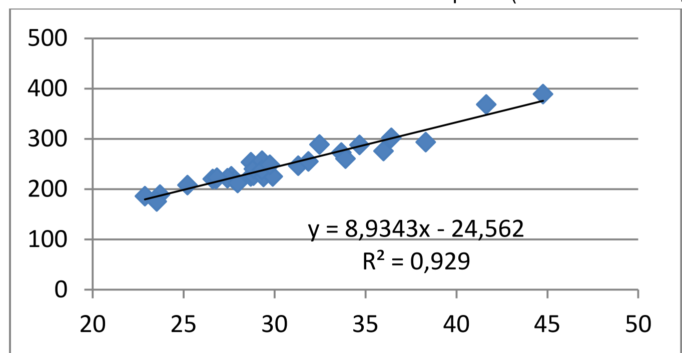
Les taux de MS des fumiers à base de paille et de sciure ont été donnés précédemment pour les porcs charcutiers où 2 modes d'alimentation sont distingués.

Pour les truies, nous ne disposons que des résultats de Paboeuf (2012) pour des truies gestantes et pour un fumier à base de paille : 26,4 % (DAC) et 23 % (Réfectoire + courette). Pour un fumier à base de sciure, à défaut de référence, nous prenons la teneur d'un fumier d'engraissement (37,3 % de MS). Il en est de même pour un fumier de sciure issu de post-sevrage.

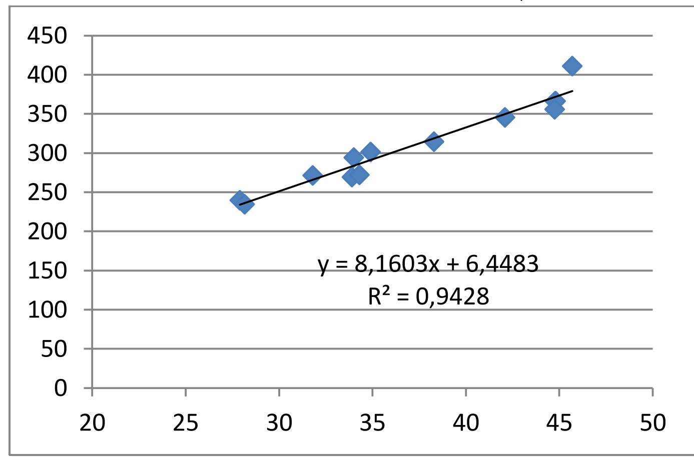
Pour les porcelets, Levasseur (2005) indique une teneur en MS de 33,4 % pour un fumier à base de paille (n=7).

Pour la matière organique, nous nous sommes basés sur le lien entre MS/MO d'après la brochure de Levasseur (2005) :

Corrélation MS/MO dans un fumier à base de paille (n=31 – MS en %, MO en g/kg produit brut)



Corrélation MS/MO dans un fumier à base de sciure (n=13 – MS en %, MO en g/kg produit brut)



2.3. Compost

Pour le compost à base de paille et de sciure, la perte de MS par rapport au produit frais retenue est respectivement de 36 et 17,5 % (Texier et Vaudelet, 1997, Texier et al, 2000 et 2001). La MO représente respectivement 65,6 et 78,8 % de la MS résiduelle (Levasseur 2005).

3. Quantité et teneur en azote, phosphore et potassium

Pour la détermination des rejets en azote, phosphore et potassium, il a été retenu la méthode du bilan entre les entrées (animaux, aliments, litière), les sorties (animaux, équarrissage, volatilisation de l'azote), corrigées éventuellement des variations d'effectif des animaux, pour déterminer un solde d'éléments qui vont se retrouver dans les effluents.

Avec la méthode du BRS, les flux d'éléments sont relativement précis car les apports alimentaires sont pris en compte, de même que les flux d'animaux. Pour le choix d'une méthode forfaitaire, « alimentation standard » ou « alimentation biphase », les rejets en azote, phosphore et potassium sont basés sur les références CORPEN (2003). Elles sont issues de la méthode du BRS pour des performances zootechniques moyennes (indice de consommation, poids d'abattage, TVM,… GTE, 2001).

Les équations de rétention corporelle en azote, phosphore et potassium sont les suivantes (CORPEN, 2003) :

Azote, en kg N = $e^{(-0,9385 - 0,0145 \times TVM)} (0,915\ PV^{1,009})^{(0,7364 + 0,0044 \times TVM)} / 6,25$
Phosphore, en g P = 5,3 x PV
Potassium, en g K = $- 0,0034 \times PV^2 + 2,53 \times PV$

Avec,
PV : poids vif des porcs (kg)
TVM : Teneur en viande maigre au poids habituel d'abattage. Pour tenir compte du passage de la TVM à la TMP, 1,5 point a été rajouté à la TVM.

Selon le type d'effluent obtenu, il existe des spécificités sur les émissions d'ammoniac que le calculateur va prendre en compte (voir ci-dessous).

3.1 Lisier

Pour les 3 approches (alimentation standard, biphase et BRS) sur caillebotis, le modèle du CORPEN prévoit une volatilisation de l'azote de 25 % de la quantité excrétée, dans le bâtiment, et 5 % de la quantité résiduel lors du stockage dans la fosse extérieure (soit une perte globale de 28,75 %). Le calculateur prévoit une adaptation du taux selon la saison d'épandage. Le coefficient correcteur est de 0,917 pour les épandages de fin d'hiver/début de printemps et 1,055 pour les épandages de fin d'été. Ils sont issus des équations de Rigolot et al (2010) ci-dessous :

Coefficient volatilisation = $1 + 0,053 (Temp_{Effluent} - 22)$
Avec $Temp_{Effluent} = -0,012\ T^2 + 1,1813\ T + 1,6064$
et T : température ambiante dans le bâtiment en °C - (où nous avons retenu 20°C en hiver et 24°C en été)

Les émissions d'ammoniac sont par ailleurs réduites avec la présence d'une couverture sur la fosse de stockage extérieure où elles ne sont plus de 5 % mais 1,5 % (70 % d'abattement).

3.2. Fumiers et composts

Pour les 3 approches (alimentation standard, biphase et BRS) sur litière de paille, le modèle du CORPEN prévoit les taux de volatilisation d'ammoniac suivant (en % de la quantité présente) :

Litière	En bâtiment	Compostage	Global
Fumier paille frais	57	Néant	57
Fumier paille composté	57	30	69,9
Litière sciure fraiche	72	Néant	72
Litière sciure composté	72	10	74 ,8

A ces taux, nous avons appliqué un coefficient correcteur selon la durée de compostage (1,0 pour un compostage de moins de 2 mois ; 1,2 pour un compostage compris entre 2 et 6 mois ; 1,4 pour un compostage de plus de 6 mois) (Rigolot et al, 2010).

Tant pour l'élevage des porcs sur caillebotis que sur litière, Rigolot et al (2010) préconisent d'autres facteurs de variation des émissions d'ammoniac (fréquence de vidange des préfosses, niveau de ventilation, densité animale, quantité de litière…) que nous n'avons pas retenu car soit difficilement applicables, soit ayant peu d'impact.

La litière de paille et de sciure apporte par ailleurs de l'azote, du phosphore et du potassium, les teneurs retenues dans le calculateur sont les suivantes (en % du produit brut) :

	MS	N	P	K
Paille	88	0,5	0,08	1,1
Sciure	85	0,8	0,001	0,016

4. Quantité et teneur en cuivre et zinc

Comme pour l'azote, le phosphore et le potassium, les quantités de cuivre et de zinc sont déterminées par un bilan entrée/sortie pour la méthode du BRS. Le CORPEN n'avait pas déterminé de valeur forfaitaire de rejet. Dans le calculateur, nous nous sommes basées sur les teneurs moyennes des aliments fournis par des fabricants en 2006 (ci-dessous) et nous avons appliqués des valeurs moyennes de rejets en appliquant les équations de rétention corporelle du CORPEN (ci-dessous également).

Composition (en $mg.kg^{-1}$) des aliments porcins en cuivre et zinc

	Cuivre				Zinc			
Stade physiologique	Porcelet	Engraissement Croissance	Engraissement Finition	Truie	Porcelet	Engraissement Croissance	Engraissement Finition	Truie
Composition moyenne des aliments complets (1)	157	19	17	15	129	107	88	115

(1) Données non publiées, Levasseur comm. personnelle, 2006

Equations de rétention corporelle en cuivre et zinc :

$Cu\ (mg) = 1,00 \times PV$

$Zn\ (mg) = 21,8 \times PV$

Avec,

PV : poids vif des porcs (kg)

Les litières apportent également du cuivre et zinc (respectivement 6 et 21,4 ppm pour la paille ; moins de 1 et 10 ppm pour la sciure ; Levasseur, 2005) mais les simulations montrent que les apports sont négligeables relativement à ceux provenant des aliments. A ce titre, le calculateur ne les prend pas en compte.

5- Validation des résultats du calculateur

Préambule :

La comparaison des résultats entre calculateur et analyse de laboratoire est délicate car se pose systématiquement la question de la méthode témoin. Même avec toutes les précautions, la réalisation d'échantillons représentatifs en élevage de production est difficilement envisageable. En effet, l'homogénéisation doit être satisfaisante à tous les stades de la prise d'échantillon (élevage, laboratoire) pour que les quelques centilitres effectivement analysés soit représentatif de plusieurs centaines voire plusieurs milliers de m^3 de lisier ce qui est rarement le cas en élevage porcin (Levasseur et al, 2007) (pour les fumiers, la difficulté n'en est à priori pas moins grande compte tenu de l'hétérogénéité naturelle des litières).

A ce jour, les différences observées entre des valeurs de rejets calculés (nécessaire au dimensionnement des plans d'épandage) et des valeurs mesurées *in situ* (pratiqués par les éleveurs pour la fertilisation des cultures et le transfert d'effluent vers les prêteurs de terre) constituent toujours l'objet de discorde.

Ainsi, pour un certain nombre d'éléments, la détermination des rejets dans le calculateur s'est fait sur la base du bilan matière entre ce qui rentre et ce qui sort de l'exploitation (voir notice d'emploi du calculateur). La fiabilité de ce bilan de masse est vraisemblablement très bonne pour le phosphore, le cuivre et le zinc car d'une part il s'agit d'éléments non volatils, d'autre part leurs teneurs corporelles et dans les aliments sont parfaitement connues. Les flux de potassium sont un peu moins bien maitrisés car cet élément ne constitue pas une contrainte de formulation, la teneur des aliments en potassium est donc rarement connu. Par contre, il s'analyse aisément, tant dans l'aliment que dans les effluents (sa solubilité fait qu'il ne sédimente pas). Pour l'azote, la volatilisation est relativement variable alors que les références de rejets sont basées sur des coefficients de volatilisation fixes. Dans le calculateur, les pertes d'azote par volatilisation ont été adaptées aux stades physiologiques, à la présence d'une couverture ou non, à la durée du compostage et à la période d'épandage (voir guide méthodologique pour plus de précision).

Si les rejets en N, P, K, Cu et Zn nous semble satisfaisant (aux nuances près évoquées précédemment), il nous a semble opportun de refaire un point sur les quantités d'effluents produites par les élevages de porcs. Une enquête téléphonique a donc été menée auprès de 170 élevages porcins. Les résultats ont été croisés avec la bibliographie afin de déterminer les volumes de lisier produit par stade physiologique. Les résultats ont été intégrés dans le calculateur. Des élevages sur litière ont également été enquêtés mais il ne nous a pas été permis de les exploiter compte tenu d'une trop forte variabilité des résultats.

A l'inverse des éléments vus précédemment, il n'existe pas de références de rejets pour la matière sèche (MS), la matière organique (MO) et le carbone (C). Pour les lisiers, nous nous sommes basés sur les facteurs d'émission IPCC (2006). Pour les fumiers et composts, nous avons repris les teneurs moyennes de la brochure de Levasseur (2005).

Pour la suite du document, les valeurs mentionnées comme issues « d'analyses » proviennent de la brochure de Levasseur (2005).

Comparaison de la quantité et de la composition de lisier entre valeurs simulées par le calculateur et analyses « *in situ* » pour :

- Un élevage moyen naisseur-engraisseur total/partiel de 200 truies présentes

Lisier le plus concentré

Ville	Type D'élevage	Techniques alimentation et abreuvt.	Volume lisier	MS	MO	C	Ntotal	Nammo	P_2O_5	K_2O	Cu	Zn
			m3/an	% du brut			g/kg produit brut				mg/kg MS	
St Brieuc	NE total	Economes en eau (4)	3595	4.4	3.2	1.6	4.7	3.1	2.7	3.3	305	927
		Peu économes en eau (5)	3825	4.2	3	1.5	4.4	3	2.5	3.1	305	927
	NE partiel (1)	Economes en eau	3117	4.3	3.1	1.5	4.5	3	2.6	3.2	296	927
		Peu économes en eau	3314	4	2.9	1.4	4.2	2.9	2.5	3	296	927
Brest	NE total	Economes en eau	3742	4.3	3.1	1.5	4.5	3	2.6	3.2	305	927
		Peu économes en eau	3981	4	2.9	1.4	4.2	2.9	2.4	3	305	927
	NE partiel (1)	Economes en eau	3245	4.1	3	1.5	4.3	2.9	2.5	3.1	296	927
		Peu économes en eau	3449	3.9	2.8	1.4	4.1	2.8	2.4	2.9	296	927
Analyse moyenne (3) selon Levasseur (2005)			**3925 (2)**	**3,6**	**2,5**	**11**	**3,5**	**2,5**	**2,1**	**2,5**	**357**	**1046**

(1) 80 % des porcs charcutiers engraissés sur site
(2) Norme de stockage (circulaire décembre 2011) pour un élevage naisseur-engraisseur total
(3) Résultat d'analyse moyenne pour le lisier d'un élevage naisseur-engraisseur majoritairement en biphase. 647 valeurs pour les MS, 377 pour les MO, 13 pour le C, 829 pour le N total, 509 pour l'N ammoniacal, 960 pour le P_2O_5, 631 pour le K_2O, 5 pour le Cu et 4 pour le Zn
(4) Alimentation soupe sans repas d'eau pour les porcs charcutiers, sèche et eau rationnée pour les truies gestantes et sèche + eau à volonté avec récupérateur d'eau pour les porcelets
(5) Alimentation soupe avec repas d'eau pour les truies ; alimentation sèche + abreuvoir (bien réglée) sans récupérateur d'eau ➔ Il existe des situations encore moins économes

Lisier le moins concentré

Elevage Engraisseur pur (10 000 PCP/an)

St Brieuc	Engraissement (4)	(1)	4552	6,6	4,8	2,4	5,9	3,9	3,2	4,2	342	916
		(2)	4911	6,1	4,1	2,2	5,5	3,7	3,0	3,9	342	916
Analyse moyenne (3) selon Levasseur (2005)				**6,8**	**4,5**	**2,3**	**5,8**	**3,7**	**3,2**	**4,8**	**155**	**868**

(1) Alimentation soupe sans repas d'eau
(2) Alimentation sèche – eau à volonté sans récupérateur d'eau (abreuvoir bien réglé)
(3) Résultat d'analyse moyenne pour un lisier d'engraissement essentiellement issu de pré-fosses, alimentation en biphase. 128 valeurs pour les MS, 83 pour les MO, 57 pour le C, 130 pour le N total, 72 pour l'N ammoniacal, 128 pour le P_2O_5, 128 pour le K_2O, 16 pour le Cu et 14 pour le Zn

Commentaires :

. Pour les lisiers naisseur-engraisseurs : les volumes de lisier sont inférieurs (de 8 %) à très légèrement supérieurs aux normes de stockage. Il devrait être normal que ces dernières aient des valeurs supérieures puisqu'elles intègrent une marge de sécurité. Elles peuvent toutefois être dépassées avec les techniques d'abreuvement et d'alimentation les moins économes en eau. Il n'a pas été simulé ici, des méthodes de lavage intensives (ce que le calculateur permet). Sur les 170

élevages enquêtés mentionnés précédemment, les volumes de lisier produits n'étaient en moyenne inférieurs que de 2 % aux normes de stockage. Les valeurs issues de l'enquête montrent toutefois une forte variabilité (coefficient de variation de 16 %).

. Les résultats du calculateur aboutissent à des concentrations plus élevées pour l'ensemble des macro-éléments, même pour Brest (par exemple), caractérisée par une pluviométrie plus élevée qu'à St Brieuc : + 11 à + 22 % pour la MS, + 20 à + 34 % pour l'azote total, + 19 à + 33 % pour le phosphore… selon les simulations effectuées (BRS/Biphase, zone géographique)

. Nous partons du postulat que la méthode et les valeurs du Bilan Réel Simplifié sont fiables

. Le rapport entre éléments est relativement comparable entre les 2 méthodes d'estimation: MS/N total calculateur (0,95) et analyse (1,03) ; N total/P2O5 calculateur (1,76) et analyse (1,67) ; MS/K2O calculateur (1,3) et analyse (1,44)… ce qui témoigne essentiellement d'une différence de dilution soit sur-estimé par le calculateur, soit que les analyses soient globalement plus diluées qu'elles ne devraient l'être. Nous pensons qu'il s'agit de la seconde hypothèse pour les raisons suivantes :

1- Les éleveurs connaissent assez bien leur volume de lisier produit (suivi/facturation des épandages). A ce titre nous accordons une bonne confiance aux résultats des 170 élevages enquêtés. Les chiffres obtenus dans cette enquête ont abouti à un niveau de production moyen à peine inférieure aux normes de stockage. Si les résultats du calculateur étaient sur-estimés, cela voudrait dire que les élevages porcins produisent davantage (voire bien davantage) que les normes de stockage.
2- Les valeurs d'analyses pour des lisiers mixtes (issues de la brochure de Levasseur, 2005) proviennent pour beaucoup d'élevages plutôt performants et/ou bien suivis (stations expérimentales, élevages faisant du traitement de lisier, élevages se prêtant à des enquêtes,…), les volumes de lisier produits devraient être plutôt en deçà des valeurs retenues dans le calculateur (donc leur lisier devrait être tout aussi concentrée que les valeurs calculées présentées ici)

. La comparaison entre valeurs de concentration des macro-éléments calculées et analysées pour des lisiers d'engraissement montre, à contrario, des valeurs relativement proches. Les valeurs d'analyses à notre disposition sont, dans ce cas, davantage issues de prélèvement en pré-fosses (pas de dilution par les eaux de lavage, ni les eaux de pluie) en station expérimentale, avec de meilleures conditions d'échantillonnage pour beaucoup d'analyses (volumes plus petits, bacs à lisier). Les valeurs simulées le sont ici avec une technique d'alimentation économe en eau (soupe sans repas d'eau). En alimentation sèche + abreuvoir, les concentrations baissent légèrement.

. Une différence un peu plus élevée que les autres éléments est observée pour le potassium. Cet élément n'a pas de contrainte de formulation, il peut varier dans de fortes proportions selon le coût des matières premières. Cet élément soluble ne pose pas de difficulté d'échantillonnage, il faudrait sans doute rapprocher la valeur « Biphase » de la valeur de concentration observée. La méthode de détermination BRS permet de déterminer plus précisément le flux de cet élément.

. Concernant les concentrations en cuivre et zinc, des différences sont observées entre valeurs calculées et analysées. Pour un lisier mixte, la comparaison est difficile car (1) très peu de références bibliographiques sont disponibles, (2) nous ne connaissons pas bien les teneurs moyennes en Cu et Zn des aliments porcins (nous nous sommes basés sur les résultats d'une enquête menées sur des exploitations porcines en 2006 mais qui n'ont pas la prétention d'être représentatives), (3) l'incertitude sur la quantité de matière sèche constitue une interrogation supplémentaire (or la concentration est donnée sur le sec).

Comparaison de la quantité et de la composition de fumier et d'un compost d'engraissement **(à base de paille)** entre valeurs simulées par le calculateur et analyses « in situ » (1)

Alimentation	MS	MO	C	Ntotal	Nammo	P_2O_5	K_2O	Cu	Zn
	% du brut			g/kg produit brut				mg/kg MS	
Fumier paille- Biphase	30,4	24,7	12,3	8	2,6	7,5	11,5	61	326
Analyse moyenne (2) selon Levasseur (2005)	**30,8**	**23,6**	**12,3**	**9,4**	**3,0**	**7,7**	**14,0**	**86**	**397**
Compost paille- Biphase	40,5	26,5	13,3	11,6	1,2	13,5	24,1	89	476

Analyse moyenne (3) selon Levasseur (2005)	**45,3**	**28,3**	**13,5**	**13,3**	**1,4**	**18,4**	**24,8**	**120**	**602**

1- Mode d'alimentation des porcs charcutiers « autre cas », car la BDD de Levasseur (2005) ne distingue pas les modes d'alimentation
2- Résultat d'analyse moyenne pour un fumier (à base de paille) de porc charcutier en biphase. 59 valeurs pour les MS, 24 pour les MO, 13 pour le C, 61 pour le N total, 46 pour l'N ammoniacal, 62 pour le P_2O_5, 60 pour le K_2O, 19 pour le Cu et 19 pour le Zn
3- Résultat d'analyse moyenne pour un compost (à base de paille) de porc charcutier en biphase. 30 valeurs pour les MS, 15 pour les MO, 14 pour le C, 29 pour le N total, 20 pour l'N ammoniacal, 29 pour le P_2O_5, 29 pour le K_2O, 2 pour le Cu et 2 pour le Zn

Commentaires :

. Les comparaisons sont faites uniquement sur un fumier d'engraissement (base paille) car nous ne disposons pas (ou que de trop peu) de références pour des fumiers de porcelets et de truies

. Pour les fumiers de porc charcutier à base de paille, il y a une assez bonne correspondance entre valeurs mesurées *in situ* et valeurs calculées. C'est normal pour les teneurs en MS, MO et C puisque les valeurs calculées sont issues des valeurs mesurées. Les teneurs en N total, N ammoniacal, P, K, Cu et Zn sont par contre indépendantes. Cela signifie vraisemblablement que (1) les échantillonnages sont représentatifs (bien plus que les lisiers et malgré leur hétérogénéité), (2), les masses de fumiers bruts produites par les porcs et retenues dans ce calculateur sont également représentatives.

.Pour les composts à base de paille, les teneurs calculées en macro-éléments sont globalement équivalentes (MO, C, Nammo, K2O) ou légèrement inférieures aux valeurs mesurées *in situ* (autres valeurs sauf P). Pour le phosphore où la différence est plus élevée. En accord avec la bibliographie (voir précédemment), nous avons retenu une perte de matière brute de 52 % et une perte de MS de 36 %. Il est possible Il est possible que pour l'ensemble des composts analysés (et pour lesquels nous n'avons pas d'indication sur les pertes de masse avant/après compostage), les pertes de masse soient supérieures. Cela dit, nous obtenons une teneur en MS calculées de 40 % environ contre 45 % pour la moyenne des composts analysés. Un compostage suivi d'une phase de maturation longue, accentue la déshydratation du produit et donc sa teneur en éléments fertilisants sur produit brut. Cet aspect n'a pas été pris en compte dans le calculateur car nous ne connaissons pas vraiment les règles correspondantes. A 45 % de MS, les valeurs calculées proposées devraient se rapprocher des valeurs d'analyses. Un écart important subsiste toutefois pour le potassium. Une expertise complémentaire est nécessaire afin de mieux expliquer les différences observées, et si possible améliorer le calculateur.

Comparaison de la quantité et de la composition de fumier et d'un compost d'engraissement **(à base de sciure)** entre valeurs simulées par le calculateur et analyses « in situ »

Alimentation	MS	MO	C	Ntotal	Nammo	P_2O_5	K_2O	Cu	Zn
	% du brut			g/kg produit brut				mg/kg MS	
Fumier sciure - Biphase	37,3	31,6	15,8	7,4	1,3	9,4	12,6	72	388
Analyse moyenne (1) selon Levasseur (2005)	**37,3**	**31,6**	**16,2**	**7,5**	**1,3**	**9**	**12,6**	**338**	**482**
Compost sciure - Biphase	41	32,3	16,2	9,7	1,6	12,5	16,8	87	470
Analyse moyenne (2) selon Levasseur (2005)	**39,5**	**32,5**	**15,6**	**8,7**	**1,9**	**12,5**	**18,8**	**501**	**665**

1- Résultat d'analyse moyenne pour un fumier (à base de sciure) de porc charcutier en biphase. 15 valeurs pour les MS, 14 pour les MO, 8 pour le C, 13 pour le N total, 9 pour l'N ammoniacal, 14 pour le P_2O_5, 14 pour le K_2O, 8 pour le Cu et 10 pour le Zn
2- Résultat d'analyse moyenne pour un compost (à base de sciure) de porc charcutier en biphase. . 7 valeurs pour les MS, 6 pour les MO, 7 pour le C, 5 pour le N total, 5 pour l'N ammoniacal, 5 pour le P_2O_5, 5 pour le K_2O, 5 pour le Cu et 5 pour le Zn

Commentaires :

. Les comparaisons sont faites uniquement sur un fumier d'engraissement (base sciure) car nous ne disposons pas (ou que de trop peu) de références pour des fumiers de porcelets et de truies

. Les teneurs en MS, MO et C sont similaires puisque ce sont les analyses qui ont été utilisées pour élaborer le modèle

. Les teneurs en macro-éléments correspondent bien aux valeurs d'analyses. Ce qui signifie que les quantités de fumier et compost sont cohérents (nous avons utilisé dans le calculateur la référence pour des PC en alimentation sèche puisque les valeurs d'analyse proviennent essentiellement de la station expérimentale de Romillé où le système d'alimentation est en

sec – le bilan n'a pas été fait pour une alimentation humide car nous ne disposons pas d'analyse de fumier et compost ici de ce mode d'alimentation). Cela signifie également que les échantillonnages des fumiers et composts sont représentatifs.

. Les teneurs en cuivre et zinc estimées par le calculateur sont inférieures aux valeurs d'analyses. Il aurait fallu disposer de la teneur des aliments en ces 2 éléments pour les porcs charcutiers qui ont donné lieu aux analyses de fumiers et composts mais nous ne les avons pas. Nous savons que les essais correspondants ont eu lieu en 2003 et avant, soit avant la nouvelle règlementation européenne sur les teneurs en ETM des aliments porcins (ayant donné lieu à une forte baisse des teneurs notamment en cuivre pour les aliments « croissance »). Il faudrait donc disposer de valeurs d'analyses plus récentes car le calculateur tient compte de cette nouvelle règlementation.

Principales références bibliographiques

. Circulaire DEPSE/DEA n°2001-7047 du 20/12/01 relative à la capacité de stockage des effluents d'élevage et à l'application de la réglementation des installations classées relatives aux élevages. (B.O. min. Agr. N°52, 28 décembre 2001)

. Corpen 2003. Estimation des rejets d'azote, phosphore, potassium, cuivre et zinc des porcs (édition Corpen). Paris, France.

. Levasseur P. 2005. Composition des effluents porcins et de leurs co-produits de traitement –Quantités produites (édition ITP), 68 p.

. Dubois et al (cité par Paboeuf 2012)

. Levasseur P. Levasseur P., Charles M., Le Bris B., Boulestreau A-L., Landrain P., Athanase N., 2007. Comparaison de méthodes d'estimation des rejets d'azote, de phosphore et de potassium en élevage de porc. Journées de la recherche porcine, 39, 1-6.

. Levasseur P., 2013. Production et capacités de stockage des lisiers de porc. Tech Porc n°10.

. Paboeuf F. (2012). Approche expérimentale de deux systèmes de production porcine différenciés par le mode de logement : Contribution à la recherche d'un développement durable. Thèse AgroParisTech, 269 p

. Rigolot C., Espagnol S., Robin P., Hassouna M., Béline F., Paillat J.M. et J.Y. Dourmad. 2010 - Modelling of manure production by pigs and NH3, N2O and CH4 emissions/ Part II : effects of animal housing, manure storage and treatment practices. Animal, p 1-12.

. Texier C. et Levasseur P., 2001. Compostage des déjections de porcs à l'engrais élevés sur différents déchets ligneux : sciure, copeaux ou écorce. Techniporc 24, 23-30.

. Texier C., Levasseur P. et Vaudelet J.C., 2000. Remplacement de la paille par de la sciure ou des copeaux de bois en porcherie d'engraissement. Influence sur le compostage des litières. Journées de la Recherche Porcine en France 32, 77-82.

. Texier C. et Levasseur P., 2003. Les rejets d'azote, phosphore, potassium, cuivre et zinc des porcs engraissés sur caillebotis ou litière de bois. Techniporc, 5, 9-17.

Partie bovins

1. Les paramètres utilisés dans le calculateur

L'objectif de ce calculateur est de sensibiliser un utilisateur, sur les paramètres qui peuvent influer sur la composition des effluents d'élevage, ce calculateur se veut simple d'utilisation. C'est pourquoi un certain nombre de paramètres ont été fixés afin de limiter la quantité d'informations à renseigner. Vous trouverez ci-après les différents paramètres fixés pour les calculs, ainsi que leurs références.

a. Les catégories animales, les coefficients UGB et les quantités d'effluents produits

Afin de ne pas trop complexifier l'outil, 8 catégories animales ont été retenues. Avec les vaches laitières, les vaches allaitantes (le veau est compris jusqu'au sevrage), les génisses de 6 mois à 1an (allaitantes et laitières), les génisses de 1 à 2 ans (allaitantes et laitières), les génisses de plus de 2 ans (allaitantes et laitières). Il s'agit ici des génisses destinées au renouvellement du troupeau allaitant ou laitier. Les bovins à l'engrais qu'ils soient males ou femelles sont considérés dans la catégorie bovin à l'engrais en fonction de leur âge avec le découpage par année : 0-1an ;1 à 2 ans et plus de deux ans.
Face à chacune des catégories, un coefficient UGB pour Unité Gros Bovin, cette unité permet d'exprimer de la même manière les différentes catégories animales selon leur capacité d'ingestion (1 UGB = 5 t de matière sèche ingérée). Les coefficients correspondant à chacune des catégories animales sont repris dans le tableau 1. Les coefficients retenus ici, sont issus du « Guide méthodologique de l'évaluation environnementale multicritères des systèmes d'élevage herbivores » Idele 2011.

	Coefficient UGB	Fumier (t/UGB/an)	Lisier (m3/an)
Vache Laitière	1,05	15	21,6
Vache allaitante avec son veau	0,85	15	15,6
Génisse (6 mois-1 an)	0,3	15	7,56
Génisse (1 - 2 ans)	0,6	15	10,8
Génisse (> 2 ans)	0,8	15	12,96
Bovin à l'engrais (0 - 1 an)	0,3	15	pv déf + tard
Bovin à l'engrais (1 - 2 ans)	0,6	15	pv déf + tard
Bovin à l'engrais (> 2 ans)	0,8	15	12

Tableau 1 : Correspondances des coefficients UGB par catégories animales et productions de fumiers et lisiers.

Pour la quantité de déjections produites par catégories animales, il s'agit d'une référence de 15 t de fumier produit par UGB et par an. Cette référence ne considère pas le temps passé à l'extérieur par les animaux, cette correction est appliquée ultérieurement lors des calculs à partir des informations renseignées dans l'onglet « saisie 2_bovins ».
Pour les lisiers, la référence utilisée est également celle issue de la Circulaire DEPSE/DEA n°2001-7047 du 20/12/01 (relative aux capacités de stockage des effluents). Elle tient compte d'un coefficient relatif à chaque catégorie animale.

A noter, des majorations ou minorations seront appliqués aux références (proposées dans le tableau 1) de quantité ou volume de déjections produites par catégorie animales, selon le niveau de production de ces animaux. Ces informations sont issues de la Circulaire DEPSE/SDEA 2001 (p. 22).

Les majorations et minoration sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Modulation pour les vaches laitières	
Niveau de production (kg lait/an/VL)	**coeff déject°**
<4500	0,75 *(réf. – 25%)*
4500<PL<6000	0,85 (réf. – 15%)
6000<PL<8000	1,0 (réf.)
>8000	1,1 (réf. +10%)

Tableau 2 : Coefficients de modulation des références de productions d'effluents pour les vaches laitières (source Circulaire PMPOA 2001)

Coefficient de modulation des références pour les vaches allaitantes et leur veau.		
PV (kg)	Période de vêlage	**Coefficient déjection**
650 -700	Automne	1 (réf.)
650 -700	"Traditionnel" de fin d'hiver	0,95 (réf. – 5 %)
550 - 600	Automne	0,9 (réf. – 10%)
550 - 600	"Traditionnel" de fin d'hiver	0,85 (réf. – 15%)

Tableau 3a : Coefficients de modulation des références de productions d'effluents des vaches allaitantes selon la période de vêlage et le poids vif après vêlage (source Circulaire PMPOA 2001)

Ration	**Coefficient déjection**
Ensilage d'herbe majoritaire	1 (réf.)
Foin majoritaire	0,9 (réf. – 10%)

Tableau 3b : Coefficients complémentaires pour les systèmes lisiers en lien avec la ration des vaches allaitantes (source Circulaire PMPOA 2001)

Attention, cette minoration (tableau 3b) doit être appliquée sur le poids et la période de vêlage avant leur application.

Coefficient de modulation des références pour les génisses selon l'âge	
6 mois -1 an	0,7 (réf. – 30%)
1 -2 an	1 (réf.)
> 2 an	1,2 (réf. + 20%)

Tableau 4 : Coefficient de modulation des références de productions d'effluents pour les génisses (source Circulaire PMPOA 2001).

Coefficient de modulation des références pour les bovins à l'engrais	
PV (kg)	**Coefficient déjection**
600	1 (réf.)
500	0,8 (réf. -20%)
400	0,7 (réf. -30%)

Tableau 5 : Coefficient de modulation des références de productions d'effluents pour les bovins à l'engrais (source Circulaire PMPOA 2001).

b. Les différents types de bâtiments et répartition des déjections associées

La liste des différents types de bâtiments proposés dans ce calculateur a été établie en collaboration avec les personnes de l'équipe bâtiment de l'Institut de l'Elevage. Ce sont les types de bâtiments les plus couramment rencontrés dans les élevages bovins allaitants et laitiers. A chaque type de bâtiment correspond une répartition entre les différents types d'effluents produits. Cette répartition est celle proposée dans la circulaire de décembre 2001.

	Lisier	**Fumier**	**Jus (% vol fumier)**[1]	**Type Fumier**	**Densité**	**Qté fumier (t/UGB/an)**
Logette, lisier	1	0	0	-	1,03	
Etable entravée, lisier	1	0	0	-	1,03	
Litière accumulée, couloir	0,6	0,4	0	FTC	0,6	13,5

[1] Proportion du volume de jus associé au type de fumier produit par ce mode de logement.

lisier						
Logette, mixte lisier/fumier	0,6	0,4	0,23	FM	0,9	16,75
Etable entravée, fumier	0	1	0,15	FC EE	0,75	15
Pente paillée	0	1	0,04	FC	0,75	15
Logette, fumier	0	1	0,23	FM	0,9	16,75
Litière accumulée, couloir fumier	0	1	0,04	FC	0,75	15
Litière accumulée intégrale	0	1	0	FTC	0,6	13,5

Tableau 6 : Proportion de fumier, lisier et jus obtenus par type de bâtiment.

c. Les paramètres liés à l'alimentation

i. La composition des aliments

Pour les rations et aliments proposés dans la calculateur, leur composition en élément N, P et K, est celle proposée par le CORPEN 2001.

	N	**P**	**K**	**UEB**	**UFV**	**UFL**	**PDIE**	**PDIN**
	g/kg MS	***g/kg MS***	***g/kg MS***	***g/kg MS***	***g/kg MS***	***g/kg MS***	***g/kg MS***	***g/kg MS***
Herbe pâturée	24	3,7	27	1	0,85	0.89	95	108
Foin	14,4	3	18	1,3	0,6		69	55
Ensilage d'herbe	19,2	3	18	1,3	0,7	0.73	57	68
Ensilage maïs	13,1	2,5	10	1,05	0,8	0.9	68	50
Concentré énergétique (orge)	18,4	3,7	4,1			1,16	100	75
Concentré azoté (t soja)	83,2	7,8	25			1,16	250	370

Tableau 7 : Références de composition alimentaire retenues pour le calculateur COMPOSIM (source CORPEN, 2001)

Les valeurs des aliments utilisés pour les calculs sont données dans le tableau 7 : ce sont des valeurs moyennes, issues des Tables françaises (INRA, 1988 ou basées sur un grand nombre d'analyses (ITEB, l99l) ; elles sont exprimées en g/kg de MS).

2. Les calculs et équations retenues

a. Les vaches laitières

Dans la feuille de saisie des animaux, il est demandé de renseigner des informations sur la production laitière, le TB et le TP de l'élevage ainsi que le poids vif des animaux en production. Ensuite ce sont des données mensuelles sur l'alimentation, et sur le taux de présence des animaux en bâtiment.
Ces informations sont utiles aux calculs qui suivent dont notamment le calcul du bilan entrées – sorties, qui permet de quantifier les quantités d'éléments excrétés par les animaux.

i. Calcul des éléments excrétés

Pour réaliser le calcul des éléments excrétés, il est nécessaire de réaliser le calcul des éléments ingérés (1) et de déduire les éléments fixés par l'animal (2). L'étape suivante est donc le calcul des éléments N, P et K ingérés par mois sous forme de fourrage, de concentré et de complément minéral vitaminé ou CMV.

__L'azote__

(1) Quantité de N ingéré = Quantité de matière sèche ingérée (kg/VL/j) * composition de la ration (référence CORPEN 2001 – tableau 3 – en g N/kg de MS) /1000

(2.1) Quantité de N fixé dans le lait = Production laitière (kg de lait/VL/j)*Taux protéique (g/L) / (1.033*k*1000)/365.25(j)

Avec k=0.95*6.38 (g/kg), il s'agit du nombre permettant de convertir les résultats d'analyses de laboratoire français en azote total présent dans le lait.
1.033 étant le coefficient de conversion du litre de lait en kg de lait (1.033 L de lait = 1kg de lait)

(2.2) $N_{fixé}$ dans la viande(kg de N/VL/j) = 24*poids d'un veau (kg)/1000/365,25(j)
Pour un kilo de poids vif, 24 g d'azote sont fixés dans la viande.

(3) Nexcrété (kg de N /VL/j) = *(1)* – [*(2.1)* + *(2.2)*]
(4) Nexcrété (kg de N/VL/mois) = 365.25(j)/12(mois)* *(3)*

Le phosphore

(5) Quantité de P ingéré (kg de P/VL/an) = Quantité de matière sèche ingérée (kg/VL/j) * composition de la ration (référence CORPEN 2001 – tableau 3 – en g P /kg de MS) /1000

(5.1) Quantité de P fixé dans le lait (kg de P/VL/j) = Production laitière (kg) * 0,95(g/L) / (1,033*1000*365,25)
0.95 g de phosphore sont exportés par L de lait produit
1.033 étant le coefficient de conversion du litre de lait en kg de lait (1.033 L de lait = 1kg de lait)
(5.2) Quantité de P fixé dans la viande (kg de P/VL/j) = (6,99*poids d'un veau (kg))/(1000*365,25(j))
6.99g de phosphore sont exportés par kg de viande produite (pour les vaches laitières, on considère la naissance d'un veau. Le poids moyen des veaux a ici été fixé à 50kg).

(6) Pexcrété (kg de P/VL/j) = *(5)* – [*(5.1)* + *(5.2)*]

(7) Pexcrété (kg de P/VL/mois)= 365.25(j)/12(mois) * *(6)*

Le potassium

(8) Quantité de K ingérée = Quantité de matière sèche ingérée (kg/VL/j) * composition de la ration (référence CORPEN 2001 – tableau 3 – en g K /kg de MS) /1000

(9.1) Quantité de K fixé dans le lait (kg de K/VL/j) = Production laitière (kg) * 1.55 (g/L) / (1,033*1000*365,25)
1.55 g de K sont exportés par litre de lait

(9.2) Quantité de K fixé dans la viande (kg de K/VL/j) = (4.1*poids d'un veau (kg))/(1000*365,25(j))
4.1 g de potassium sont exportés par kg de viande produite (pour les vaches laitières, on considère que la croissance, correspond à la gestation et donc au poids de naissance d'un veau. Le poids moyen des veaux a ici été fixé à 50kg).

(10) Kexcrété (kg de K/VL/j) = (8) – [*(9.1)* + *(9.2)*]

(11) Kexcrété (kg de K/VL/mois)= 365.25(j)/12(mois)* *(10)*

Détermination de l'azote, du phosphore et du potassium excrété au bâtiment

Pour déterminer la quantité d'éléments (N, P, K) excrétés au bâtiment on reprend le calcul de l'azote excrété par les animaux auquel, on applique le ratio de temps de présence des animaux dans le bâtiment.
(12) N, P, K excrété en bâtiment = N, P, K excrété/mois * %temps de présence en bâtiment * nombre de VL

Les éléments de la litière comprenant les éléments N,P,K

Afin de déterminer les éléments N, P,K présents dans la litière, il est nécessaire de calculer la quantité de paille nécessaire par mois à partir des données renseignées dans la page commune.

(13) Quantité de litière mensuelle (kg/mois) = quantité de litière journalière (en kg) * 365.25/12 * nombre d'animaux (j) * % de temps passé en bâtiment par les animaux

(14) Quantité de N, P, K apporté par la litière = (quantité mensuelle (13) * $\%MS_{litière}$ * composition N, P, K) /1000

ii. Détermination de la composition des différents produits en sortie bâtiment

A partir des informations renseignées par l'utilisateur (nombre de vaches laitières, temps passé en bâtiment par les animaux), les calculs d'éléments excrétés, ainsi que les références du tableau 2 et 3, on calcul la quantité moyenne des différents types d'effluents (lisiers, fumiers, jus) produits par catégorie animale.

(15.1) Quantité de lisier produit (m3/an/VL) = %lisier[f(type de bâtiment)] * référence(production lisier VL(m3/an) * coefficient de pondération selon la production laitière

(15.2) Quantité de fumier produit (t/an/VL) = %fumier [f(type de bâtiment)] * référence(production fumier VL(m3/an) * coefficient de pondération selon la production laitière

(15.3) Quantité de jus produit (t/an/VL) = %jus [f(type de bâtiment)] * référence(production jus VL(m3/an) * coefficient de pondération selon la production laitière

Une fois les quantités de chacun des types d'effluents produits, on calcule la composition de ces derniers, à partir des résultats de N, P et K excrétés en bâtiment et des tonnages et volumes produits et de la composition de la litière.

(16.1) Quantité de N, P, K liquide (kg N, P, K/m3) = ([N, P, K excrété (kg de N, P, K/mois) + N, P, K paille (kg de N, P, K / mois)]$_{lisier}$ * %lisier[f(type de bâtiment)]) + ([N, P, K excrété (kg de N, P, K/mois) + N, P, K paille (kg de N, P, K / mois)]$_{jus}$ * %jus [f(type de bâtiment)]) / (Quantité de lisierm3/mois + Quantité de jus (m3/mois))

(16.2) Quantité de N, P, K fumier (kg N, P, K/t) = (([N, P, K excrété (kg de N, P, K /mois) + N, P, K paille (kg de N, P, K / mois)] *%fumier [f(type de bâtiment)]) – Quantité de N, P, K jus (kg N, P,K / mois)) / Quantité de fumier (t/mois)

Ces différents calculs, nous ont permis d'avoir une première approche de la quantité d'effluents et leur composition produite par les vaches laitières.

b. Les vaches allaitantes

Pour la caractérisation des effluents produits par les vaches allaitantes, la même logique que celle entreprise pour les vaches laitières est employée, à quelques différences près en lien avec les données d'entrées. A noter, dans cette catégorie, les données comprennent la vache allaitante avec son veau jusqu'au sevrage.

Le calcul de la quantité de MS ingérée et des éléments excrétés (N, P, K) est réalisé à partir des équations CORPEN qui tiennent compte du régime alimentaire. Les équations utilisées dans cette partie sont celles qui se trouvent en page 23 du document CORPEN Groupe Alimentation Animale de juin 2001.

A partir de l'aliment majoritaire composant la ration (Herbe pâturée, foin, ensilage d'herbe ou ensilage de maïs) renseignée par l'utilisateur mois par mois, ainsi qu'en fonction du poids vif après vêlage, les équations se trouvant dans le tableau suivant sont appliquées pour déterminer les quantités de N, P et K excrétées (en kg/mois)

Coeff équat° Corpen	Azote excrété (kg/VA/mois)		Phosphore excrété (kg/VA/mois)		Potassium excrété (kg/VA/mois)		Matière Sèche ingérée (enkg/VA/mois)	
y=ax+b	**a**	**b**	**a**	**b**	**a**	**b**	**a**	**b**
Herbe pâturée	0,0204	-3,1	0,00307	-0,49	0,0229	-2,7	0,857	-106
Foin	0,0049	1,4	1,4 kg/mois		0,0066	1,4	0,364	71
Ensilage d'herbe	0,004	3,2			0,0058	1,8	0,364	71
Ensilage maïs	0,0124	-3,5			0,0059	-0,7	0,364	72

Tableau 8 : Equations utilisées pour le calcul des excrétions (en kg de N, P, K / mois) des vaches allaitantes avec leur veau (CORPEN, 2001).

A partir de ces quantités d'éléments excrétés par les vaches allaitantes mensuellement, on détermine les quantités d'éléments excrétés au bâtiment par le troupeau en multipliant la valeur obtenue par le nombre d'animaux présents et le pourcentage de temps où les animaux sont en bâtiment (renseigné par l'utilisateur).

Par la suite, on détermine la quantité de paille apportée par aux animaux, comme suit :

(17) Quantité de litière mensuelles apportée aux VA (kg/mois)= Qté de litière apportée par VA/j (en kg) * nb VA * nb j * % tps en bât.

Pour déterminer les quantités d'éléments apportés dans la paille (N, P et K) on multiplie la quantité mensuelle apportée sous les animaux que l'on multiplie à la valeur de référence suivante :

Composition de la paille			
MS	**N**	**P**	**K**
%	*g/kg MS*	*g/kg MS*	*g/kg MS*
0,88	5,60	1,00	8,59
Source : Guide Pratique de l'alimentation du troupeau bovin laitier, Idele, 2010			INRA

Tableau 9 : composition de la paille retenue dans les calculs

A partir du type de bâtiment renseigné par l'utilisateur et les coefficients fournis dans le tableau 3a et b, les quantités de lisier, fumier et jus produites par cette catégorie animale sont calculées en m3 ou t /VA/an.

(18.1) Quantité de lisier produit (m3/an/VA) = %lisier [f(type de bâtiment)] * référence(production lisier VA(m3/an) * coefficient de pondération selon la période de vêlage /type d'alimentation

(18.2) Quantité de fumier produit (t/an/VA) = %fumier [f(type de bâtiment)] * référence(production fumier VA(m3/an) * coefficient de pondération selon la période de vêlage / type d'alimentation

(18.3) Quantité de jus produit (t/an/VA) = %jus [f(type de bâtiment)] * référence(production jus VA(m3/an) * coefficient de pondération selon la période de vêlage / type d'alimentation

A partir des informations calculées auparavant, on détermine la composition des lisiers et fumiers produits par cette catégorie animale.

(19.1) Quantité de N, P, K liquide (kg N, P, K/m3) = ([N, P, K excrété (kg de N, P, K/mois) + N, P, K paille (kg de N, P, K / mois)]$_{lisier}$ * %lisier[f(type de bâtiment)]) + ([N, P, K excrété (kg de N, P, K/mois) + N, P, K paille (kg de N, P, K / mois)]$_{jus}$ * %jus [f(type de bâtiment)]) / (Quantité de lisierm3/mois + Quantité de jus (m3/mois))

(19.2) Quantité de N, P, K fumier (kg N, P, K/t) = (([N, P, K excrété (kg de N, P, K /mois) + N, P, K paille (kg de N, P, K / mois)] *%fumier [f(type de bâtiment)])– Quantité de N, P, K jus (kg N, P,K / mois)) / Quantité de fumier (t/mois)

c. Les animaux en croissance

La méthodologie utilisée pour calculer la composition des effluents des animaux en croissance suit la même logique que pour les autres catégories animales avec adaptation des équations en conséquence. Les paramètres utilisés pour les génisses sont présentés dans le tableau 10 et les équations retenues pour le calcul des éléments excrétés sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Coeff équat° Corpen	**Azote excrété (g/G/mois)**		**Phosphore excrété (g/G/mois)**		**Potassium excrété (g/G/mois)**		**Matière Sèche ingérée (g/G/mois)**	
y=ax+b	**a**	**b**	**a**	**b**	**a**	**b**	**a**	**b**
Herbe pâturée	11,7	100	1,84	-40	12,2	1000	0,436	43
Foin	4,6	1100	1,62	0	6,6	500	0,359	16
Ensilage d'herbe	5,9	1400	1,58	10	6,8	500	0,377	12

Tableau 10 : Equations utilisées pour le calcul des excrétions (en g de N, P, K / mois) des génisses en croissance (CORPEN, 2001).

Après avoir déterminé les quantités excrétées (N, P, K), pour les animaux en croissance par classe d'âge, on détermine la quantité de litière apportée pour chacune des classes d'âge concernées à partir des données renseignées par l'utilisateur, l'équation appliquée est la suivante :

(20) Quantité de litière mensuelles apportée aux VA (kg/mois)= Qté de litière apportée par VA/j (en kg) * nb VA * nb j * % tps en bât.

A partir du type de bâtiment renseigné par l'utilisateur et les coefficients fournis dans le tableau 4, les quantités de lisier, fumier et jus produites par cette catégorie animale sont calculées en m3 ou t /VA/an.

(21.1) Quantité de lisier produit (m3/an/G) = %lisier [f(type de bâtiment)] * référence(production lisier G(m3/an) * coefficient de pondération selon PV /type d'alimentation

(21.2) Quantité de fumier produit (t/an/G) = %fumier [f(type de bâtiment)] * référence(production fumier G(m3/an) * coefficient de pondération selon PV /type d'alimentation

(21.3) Quantité de jus produit (t/an/G) = %jus [f(type de bâtiment)] * référence(production jus G(m3/an) * coefficient de pondération selon PV /type d'alimentation

A partir des informations calculées auparavant, on détermine la composition des lisiers et fumiers produits par cette catégorie animale.

(22.1) Quantité de N, P, K liquide (kg N, P, K/m3) = ([N, P, K excrété (kg de N, P, K /mois) + N, P, K paille (kg de N, P, K / mois)]$_{lisier}$ * %lisier[f(type de bâtiment)]) + ([N, P, K excrété (kg de N, P, K/mois) + N, P, K paille (kg de N, P, K / mois)]$_{jus}$ * %jus [f(type de bâtiment)]) / (Quantité de lisierm3/mois + Quantité de jus (m3/mois))

(22.2) Quantité de N, P, K fumier (kg N, P, K/t) = (([N, P, K excrété (kg de N, P, K /mois) + N, P, K paille (kg de N, P, K / mois)] *%fumier [f(type de bâtiment)])– Quantité de N, P, K jus (kg N, P,K / mois)) / Quantité de fumier (t/mois)

Ces différents calculs, nous ont permis d'avoir une première approche de la quantité d'effluents et leur composition produite par les génisses en croissance.

d. Les animaux à l'engrais

Concernant les animaux à l'engrais, la même logique a été utilisée que pour toutes les autres catégories animales, un premier calcul des éléments excrétés en bâtiment par les animaux est réalisé à partir des informations fournies par l'utilisateur (alimentation majoritaire mensuelle, poids vif des animaux, âge, nombre d'animaux, temps de présence des animaux en bâtiment…) et les équations CORPEN présentées dans le tableau suivant.

Coeff équat° Corpen	**Azote excrété (g/G/mois)**		**Phosphore excrété (g/G/mois)**		**Potassium excrété (g/G/mois)**		**Matière Sèche ingérée (g/G/mois)**	
y=ax+b	**a**	**b**	**a**	**b**	**a**	**b**	**a**	**b**
Herbe pâturée	15,3	-1800	2,17	-190	15	-800	0,52	-39
Foin	12,9	0	1,7	0	9,9	0	0,49	0
Ensilage d'herbe	12,2	-1000	2,22	-120	3,7	1700	0,042	126
Ensilage maïs	9,4	-300	1,6	20	5	500	0,386	47

Tableau 11 : Equations utilisées pour le calcul des excrétions (en g de N, P, K / mois) des bovins à l'engrais (CORPEN, 2001).

Ensuite on calcul la quantité d'éléments (N, P, K) apportée aux déjections par les pailles. Puis le calcul de la quantité de déjection produite est calculé modulé à partir des informations renseignées par l'utilisateur (type de bâtiment, âge des animaux, nombre, type d'alimentation,…) et les coefficients présentés dans le tableau 11.

Enfin, le calcul de la composition des effluents solides et liquides est réalisé selon la même logique que les autres catégories animales.

3. Prise en compte des eaux de dilution

La prise en compte des eaux de pluies et des eaux vertes et blanches permet de prendre en compte l'effet de dilution dans la composition des effluents.

a. La fraction à stocker

La fraction à stocker (FS) est un coefficient qui permet d'intégrer le phénomène d'évaporation. Il est basé sur une évaporation inversement proportionnelle à l'intensité de la pluie. Il se calcule pour chaque cas testé comme suit :

(23) FS = [(pluie mensuelle (en mm) / 3) + 40] / 100 *source Circulaire PMPOA 2001.*

Cette fraction sera réutilisée pour faire le calcul des volumes d'eaux de dilution.

b. Volume des eaux de dilution

Le volume des eaux de dilution est calculé à partir des informations renseignées par l'utilisateur, les surfaces non couvertes et la pluviométrie moyenne.

(24) Volume eau de dilution (en m3)= ((Surface bâtiment extérieur (en m²)+Surfacefosse non couverte (en m²)+Surface fumière non couverte (en m²)+Surface autres non couverte(en m²))*Pluviométrie(en mm/an) /1000)*FS

Cette quantité ainsi calculée vient s'ajouter à la quantité d'eaux blanches et vertes renseignée par l'utilisateur en feuille de saisie, afin de calculer le volume total d'eau de dilution.

(25) Volume total de dilution = Volume eau de dilution(en m3) + Volume eaux vertes et blanches (en m3)

4. Calcul des volumes totaux et composition d'effluents produits par l'exploitation

Afin de déterminer les volumes totaux produits sur l'exploitation de chacun des types d'effluents produits sur l'exploitation, on somme les quantités/volumes de fumiers, lisiers + jus et autres liquides produits par chacune des catégories animales. Le volume total de liquides est obtenu en sommant le volume total de dilution (m3) au volume de lisier produit par toutes les catégories animales et aussi au volume total de jus produit par toutes les catégories animales, c'est ce volume qui sera réutilisé pour déterminer la composition des effluents liquides.

De la même manière, on somme les compositions (N, P, K) de chacun des types d'effluents (liquides, fumiers sans les jus) à partir des calculs réalisés pour chacune des catégories animales. A l'issue, on obtient alors la composition avant pertes gazeuses des différents effluents.

5. Calcul des pertes gazeuses

a. Les pertes ammoniacales

Lors de l'excrétion des déjections en bâtiment et du stockage des émissions gazeuses ont lieu et abaissent la valeur azotées des effluents, afin de les prendre en compte nous avons retenus des facteurs d'émissions (FE) afin d'ajuster les compositions finales des effluents.

Un facteur d'émission de 12% a été retenu pour les pertes gazeuses au bâtiment. C'est-à-dire que pour 100kg d'azote émis en bâtiment dans les fumiers ou lisiers, 12kg sont émis vers l'air et 88kg d'azote seront dans les effluents en sortie bâtiment. Ce facteur d'émission est issu du document EMEP-CORINAIR 2002.

Pour les pertes au stockage, un facteur d'émission a également été appliqué, il est de 6%, c'est-à-dire que pour 100kg d'azote dans les effluents arrivant au stockage on considère une perte moyenne de 6kg d'azote sur le poste stockage et que donc 94kg d'azote sera présent avant l'épandage des déjections. Ce facteur d'émission est issu du document EMEP-CORINAIR 2002. A noter, lorsqu'il est préciser que la fosse est couverte un taux d'abattement de 50% a été retenu au

stockage. C'est à dire que pour 100kg de N entrant dans la fosse de stockage seul 6*0.5 kg de N soit 3kg sera émis vers l'air. Ce taux d'abattement est celui également retenu dans le cadre de l'étude Ademe-CITEPA 2013 pour la couverture des fosses par croûte naturelle.

6. Résultats finaux

Après avoir déterminé les pertes azotées vers l'air lors de la période d'excrétion en bâtiment et de stockage, il est possible de déterminer la composition des effluents liquides et solides par soustraction des pertes gazeuses. Ce sont ces résultats qui sont mis à disposition de l'utilisateur.

Vérifications

Les compositions alimentaires ont été comparées aux compositions alimentaires du « Guide pratique : Alimentation des bovins, ovins et caprins, 2007

Références

Circulaire DEPSE/DEA n°2001-7047 du 20/12/01 relative à la capacité de stockage des effluents d'élevage et à l'application de la réglementation des installations classées relatives aux élevages. (B.O. min. Agr. N°52, 28 décembre 2001)

Guide méthodologique de l'évaluation environnementale multicritères des systèmes d'élevage herbivores – A usage interne – Sindy Moreau - Idele 2011.

Estimation des flux d'azote, de phosphore et de potassium associés aux bovins allaitants et aux bovins en croissance ou à l'engrais, issus des troupeaux allaitants et laitiers, et à leur système fourrager. COPREN 2001, 34 pages.

Estimation des flux d'azote, de phosphore et de potassium associés aux vaches laitières et à leur système fourrager. Influence de l'alimentation et du niveau de production. COPREN 1999

Guide Pratique de l'alimentation du troupeau bovin laitier, Editions Quae, Collection les incontournables, Institut de l'Elevage, 2010

EMEP-CORINAIR, Emission inventory guide book. European Environment Agency. 2002.

Partie « volailles »

1. Quantité de lisier, fumier produit.

A partir du bilan P2O5 réalisé sur l'élevage, il est possible d'estimer une quantité de déjections produites. En effet, des références disponibles (ITAVI(b)) présentent des teneurs moyennes en P205 dans les effluents avicoles.

Tableau 1 - Teneurs moyennes en P2O5 des effluents avicoles

	P2O5 (kg/T)
Poulet de chair	14
Dinde de chair	17,25
Canard à rôtir	5,4
Pintade de chair	21
Poules Pondeuses	36

Source : ITAVI(b)

Ainsi, grâce à l'équation (1), la quantité totale de déjections produites est calculée.

(1)

Pour les fumiers compostés, une perte de masse équivalente à 50% du poids brut (sortie bâtiment) a été retenue dans les calculs (Guillouais et Couronne 2003).

2. Teneur en Matière sèche (MS), Matière organique (MO) et Carbone (C)

Des teneurs moyennes en MS et MO ont été calculées à partir des données disponibles dans la bibliographie disponible (ITAVI(b)). Ainsi pour chaque espèce, nous sommes en mesure de fournir un taux de MS et de MO représentatif.
Pour l'ensemble des déjections, nous avons considéré une teneur en C équivalente à MO/2

Tableau 2 - Teneur moyennes en MS, MO et C des effluents avicoles

	MO (kg/T) – Analyse sur produit brute	MS (%) - En sortie de Bâtiment	MO (%MS)
Poulet de chair	510	63%	80%
Dinde de chair	430	52%	80%
Canard à rôtir	99	12,50%	65%
Pintade de chair	430	68%	80%
Poules Pondeuses	582	79,8%	72,50%

Source : ITAVI(b)

3. Teneur en azote (N), phosphore (P) et Potassium (K)

Les teneurs en N, P et K ont été obtenues à partir d'un bilan de masse. L'équation (2) a été utilisée pour déterminer les différents flux d'éléments chimiques :

(2)

Les teneurs des éléments ingérés sont remplis dans l'onglet Alimentation, ceux fixé par les poussins, les carcasses d'animaux et les œufs sont déjà intégrés au calculateur et disponibles dans les références ITAVI. (ITAVI 2013)

Ensuite, des facteurs de volatilisation au bâtiment, au stockage et au compostage sont appliqués aux résultats de l'équation (2) pour déterminer les teneurs en sortie de bâtiment et en fin de stockage ou de compostage.

Tableau 3 - Facteurs de volatilisation en élevage de volaille selon les pratiques

	Volatilisation au bâtiment (par rapport à Nexcrété)	Volatilisation de l'azote au stockage (par rapport à Nsortie bâtiment)	Volatilisation de l'azote au Compostage (par rapport à Nsortie bâtiment)	Volatilisation du C au compostage (par rapport à Csortie bâtiment)	Volatilisation du K au compostage (par rapport à Ksortie bâtiment)
Fumier	32%	15%	30%	50%	50%
Lisier	21%	20%			
Fientes	25%	25%	50%	50%	50%
Sources	ITAVI(a)	ITAVI(a)	Weil et Duval 2009	Weil et Duval 2009	Weil et Duval 2009

4. Teneurs en Cuivre (Cu) et Zinc (Zn)

Des teneurs moyennes représentatives par espèces en Cu et Zn ont pu être calculées à partir des éléments disponibles dans la bibliographie et grâce aux références ITAVI (ITAVI 2013)

Tableau 4 - Teneurs moyennes en Cu et ZN des effluents avicoles

	Cu (mg/kg vif produit)	Zn (mg/kg vif produit)
Poulet de chair	32	127
Dinde de chair	47	208
Canard à rôtir	44	213
Pintade de chair	44	231
Poules Pondeuses	37	175

Source : ITAVI(a)

Références Bibliographiques

(1)ITAVI(a) – Estimation des rejets d'azote, phosphore, potassium, calcium, cuivre et zinc par les élevages avicoles. Mise à jour des références CORPEN VOLAILLE 2006. Juin 2013

(2)Le Bouquin S., Rousset N., Huneau-Salaun A., Balaine L., Homo N., Amand G., Ponchant P. et Aubert C. - Qualité de l'air et émissions gazeuses en fonction du type de logement des poules pondeuses. 10ème Journée de la Recherche Avicole. La Rochelle – 26 au 28 mars 2013

(3)Ponchant P, Robin P, Hassouna M – Enjeux et évaluations des émissions gazeuses dans les élevages de volailles. 10ème Journée de la Recherche Avicole. La Rochelle – 26 au 28 mars 2013

(4)Ponchant P, Rousset N, Aubert C, Hassouna M – Estimation of levels of nitrogen volatilization in poultry barnsfrom field measurements. Emission of Gas and Dust from Livestock EmiLi – Saint-Malo, France – June 10-13, 2012.

(4)Weill A. et Duval J. – Guide de gestion globale de la ferme maraîchère biologique et diversifiée. Chapitre 12 « Les amendements organiques : fumiers et composts ». 2009

(5)ITAVI(b) – Caractérisation des fumiers, lisiers et fientes de volaille. Etude OFIVAL 2001. Juin 2003

(6)Guillouais S, Couronne M-P – Essais de compostage rustique des fumiers de volailles : Intérêts et Limites. Sciences et Techniques Avicoles n° 43. Avril 2003